

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
Sede di Forlì

Corso di laurea in

INGEGNERIA AEROSPAZIALE

TESI DI LAUREA
in

Controllo del Traffico Aereo

**SESAR: MULTIPLE REMOTE TOWER AND
REMOTE TOWER CENTRE**

CANDIDATO:
Andrea Ciandrini

RELATORE:
Prof. Fabio Olivetti

CORRELATORE:
Alberto Lorenzoni

Anno Accademico [2022/2023]

*A te babbo,
che hai sempre creduto in me.*

INDICE

INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO TESI	5
INTRODUZIONE AL CONTROLLO DEL TRAFFICO AEREO	6
1.1 - TRAFFICO AEREO E SERVIZI ATS	6
1.1.2 - <i>Controllo del Traffico Aereo</i>	7
1.2 - CONTROLLO DEL TRAFFICO AEREO IN ITALIA	9
1.2.1 – <i>Training Centre ENAV</i>	11
1.3 – TORRE DI CONTROLLO DEL TRAFFICO AEREO	12
PROGETTO SESAR: STRATEGIA DI VALIDAZIONE E CREAZIONE DI ESERCIZI DI VALIDAZIONE SPECIFICI.....	14
2.1 - CIELO UNICO EUROPEO (CUE)	14
2.2 - PROGETTO SESAR	15
2.3 - MULTIPLE REMOTE TOWER AND REMOTE TOWER CENTRE	16
2.3.1 - <i>Criteri di validazione</i>	18
2.4 – DESCRIZIONE E SCOPO DELL’ESERCIZIO DI VALIDAZIONE.....	21
2.4.1 - <i>Scenario di simulazione</i>	22
2.4.2 - <i>Obiettivi della simulazione</i>	26
2.5 - DEFINIZIONE DEI RUOLI DEGLI ATCO DURANTE LA SIMULAZIONE E ANALISI DEI RISPETTIVI STRUMENTI A DISPOSIZIONE	28
2.6 - ANALISI DEI TOOLS E DELL’INTERFACCIA UTENTE	31
RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E ANALISI DEI DATI.....	45
3.1 - ASPETTI DI CONVALIDA.....	45
3.2 - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....	48
3.2.1 - <i>Qualità e raccoglimento delle valutazioni</i>	48
3.2.2 – <i>Risultati e possibili miglioramenti</i>	49
3.2.3 - <i>ANALISI COST-BENEFIT</i>	54
3.3 - VALUTAZIONI CONCLUSIVE.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	59

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 SCHEMA CLASSIFICAZIONE SPAZIO AEREO.....	8
FIGURA 2 PRINCIPALE CLASSIFICAZIONE E TIPOLOGIA DEGLI SPAZI AEREI.....	8
FIGURA 3 CARTINA ITALIA CON RELATIVA SUDDIVISIONE DELLO SPAZIO AEREO (FIR).....	9
FIGURA 4 SCHEMA GENERALE STRUTTURA ICAO.....	10
FIGURA 5 TRAINING CENTRE ENAV FORLÌ.....	11
FIGURA 6 ESEMPIO DI AERODROMI ALLOCATI IN UN RTC.....	17
FIGURA 7 ESEMPIO DI UN RTC PIÙ GRANDE.....	17
FIGURA 8 FASI DEL CICLO DI SVILUPPO DI SOLUZIONI SESAR.....	18
FIGURA 9 ALLOCAZIONE FLESSIBILE DEGLI AEROPORTI NELL'ESERCIZIO DI SIMULAZIONE.....	22
FIGURA 10 LAYOUT SALA RTC E SALA APPARATI.....	23
FIGURA 11 CARTA AERODROMO BRINDISI/CASALE (LIBR).....	24
FIGURA 12 CARTA AERODROMO LAMEZIA TERME (LICA).....	24
FIGURA 13 CARTA AERODROMO TREVISO/SANT'ANGELO (LIPH).....	25
FIGURA 14 POSIZIONAMENTO DEI TRE AEROPORTI E DEL RTC.....	25
FIGURA 15 LIBR E LIPH CONTROLLATI CON GRP.....	32
FIGURA 16 TUTTI E TRE GLI AEROPORTI CONTROLLATI CON GRP.....	32
FIGURA 17 DEPARTURE STRIP.....	33
FIGURA 18 ARRIVAL STRIP.....	33
FIGURA 19 VEHICLE STRIP.....	33
FIGURA 20 INTERFACCIA DI CONTROLLO VIDEOCAMERA PTZ.....	34
FIGURA 21 VISUALE DELLA VIDEOCAMERA DELL'AEROPORTO SELEZIONATO.....	34
FIGURA 22 SCHEMA COLORI MOVES.....	35
FIGURE DA 23 A 31 SETTAGGI DI HMI PREVISTI PER LE CONFIGURAZIONI UTILIZZATE.....	36
FIGURA 32 INTERFACCIA PRINCIPALE (IMPOSTAZIONI).....	37
FIGURA 33 PANNELLO FLIGHT LIST.....	38
FIGURA 34 PANNELLO WEATHER.....	38
FIGURA 35 PANNELLO GROUND OPERATION.....	39
FIGURA 36 DIAGRAMMA TEMPORALE.....	39
FIGURA 37 DIAGRAMMA DEL CARICO DI LAVORO.....	40
FIGURA 38 CARICO DI LAVORO SPECIFICO PER OGNI AEROPORTO.....	40
FIGURA 39 SOVRACCARICHI DI LAVORO E MODIFICA PER OTTIMIZZAZIONE.....	41
FIGURA 40 TEAM ATCO.....	42
FIGURA 41 TEAM SUPERVISORE.....	44
FIGURE 42 IDENTIFICAZIONE CHIAMATA.....	44
FIGURA 43 COST BENEFIT ANALYSIS TOOL.....	54
FIGURA 44 ANDAMENTO BENEFICI E COSTI (NON SCONTATI).....	56
FIGURA 45 ANDAMENTO BENEFICI E COSTI (RATEO DI SCONTO = 8%).....	56
FIGURA 46 ANDAMENTO BENEFICI E COSTI IMPLEMENTATO A LIVELLO ENAC.....	57

Introduzione e inquadramento tesi

L'obiettivo di questa tesi è esaminare le sfide attuali nel campo del controllo del traffico aereo e approfondire le prospettive di miglioramento attraverso l'analisi delle tecnologie emergenti, con uno sguardo particolare rivolto agli sviluppi futuri.

Il controllo del traffico aereo rappresenta un elemento fondamentale per garantire la sicurezza, l'efficienza e la regolamentazione del flusso di velivoli nelle aree aeroportuali e nello spazio aereo.

Nel contesto di un mondo sempre più interconnesso e caratterizzato da un numero sempre maggiore di voli, è necessario sviluppare sistemi avanzati e soluzioni innovative per gestire la complessità del traffico aereo odierno. In questo ambito agisce SESAR, un'istituzione europea che propone numerose soluzioni volte a tale scopo.

In questo elaborato se ne prenderà in esame una in particolare, denominata “Multiple Remote Tower and Remote Tower Centre” (MRT and RTC). Nello specifico si andrà ad analizzare lo sviluppo e la validazione (in particolare della fase V3 di maturazione) del concetto PJ.05-W2-35.

Nel primo capitolo verrà fornita un'introduzione generale riguardante l'attività del controllore del traffico aereo, e nello specifico si analizzerà la figura del controllore di torre, fondamentale nell'ambito delle MRT; si farà riferimento all'operato di ENAV (Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo) e al suo centro di addestramento per i controllori con sede a Forlì.

Nel secondo capitolo si entrerà nel dettaglio di SESAR e del progetto PJ.05-W2-35, del quale verranno analizzati i criteri di validazione, i relativi esercizi e la struttura del simulatore.

Nel terzo ed ultimo capitolo si mostreranno i risultati delle varie simulazioni, valutandone l'efficienza negli ambiti delle Prestazioni Umane, della Sicurezza e dei Costi, che ne confermano la fattibilità.

Capitolo 1

Introduzione al controllo del traffico aereo

1.1 - Traffico Aereo e Servizi ATS

L'assistenza al traffico aereo è un lavoro ad alta specializzazione, indispensabile al giorno d'oggi per garantire il più alto livello di sicurezza possibile per l'equipaggio e per i passeggeri di ogni singolo volo.

Essa si espleta attraverso il sistema ATS (Air Traffic Service).

Questo sistema può essere suddiviso in due sottosistemi:

- Il sottosistema al suolo
- Il sottosistema in volo

I Servizi del traffico aereo (Air Traffic Services - ATS) si dividono in:

- Servizio di controllo del traffico aereo (Air Traffic Control Service-ATCS)
- Servizio informazioni volo (Flight Information Service – FIS)
- Servizio di allarme (Alerting Service - ALRS)
- Servizio consultivo del traffico aereo (Air Traffic Advisory Service – ADS)
- Servizio per evitare il traffico (Traffic Avoidance Advice – TFCAA)

Essi hanno i seguenti obiettivi:

- prevenire le collisioni tra aeromobili;
- prevenire le collisioni tra aeromobili ed ostruzioni nell'area di manovra;
- rendere spedito il traffico aereo e mantenere un flusso ordinato;
- dare avvisi e informazioni utili per una sicura ed efficiente condotta del volo;
- rendere noto agli organismi competenti che un aeromobile necessita di ricerca e soccorso ed assistere tali organismi come necessario.

1.1.2 - Controllo del Traffico Aereo

Il servizio del controllo del traffico aereo (ATCS – Air Traffic Control Service) è costituito da una serie di regole e organismi che hanno lo scopo di mantenere sicuro il traffico di aeromobili, a terra e in aria, evitandone collisioni.

Il suo obiettivo è quello di accelerare e mantenere ordinato il flusso di traffico.

Esso è diviso in tre parti:

- Servizio di controllo di aerea
- Servizio di controllo di avvicinamento
- Servizio di controllo di aeroporto

Gli enti che svolgono questi servizi sono rispettivamente:

- Centro di Controllo di Area (ACC): svolge il Servizio di controllo di area entro le Regioni di Controllo. La principale attività è rivolta al traffico in rotta, ma può essere delegata anche a svolgere compiti di avvicinamento. L'ACC utilizza diverse tecniche di controllo, da quelle procedurali per un numero contenuto di rotte e per una scarsa quantità di traffico, a quelle di sorveglianza ATS per il controllo di flussi di traffico elevati.
- Ente di Controllo di Avvicinamento (APP): svolge il Servizio di controllo di avvicinamento nei CTR con attività IFR e/o VFR. Esso gestisce arrivi, partenze e sorvoli di voli IFR e VFR controllati entro CTR di classe C e D.
- Torre di Controllo d'Aeroporto (TWR): svolge il Servizio di controllo su aeroporti controllati e ha il compito di gestire il traffico di aeroporto con criteri di separazione a vista del traffico VFR e/o IFR, integrando dove necessario, l'uso di strumentazioni e procedure stabilite.
Può inoltre essere delegato a svolgere compiti di avvicinamento.

Suddivisione verticale dello spazio aereo italiano

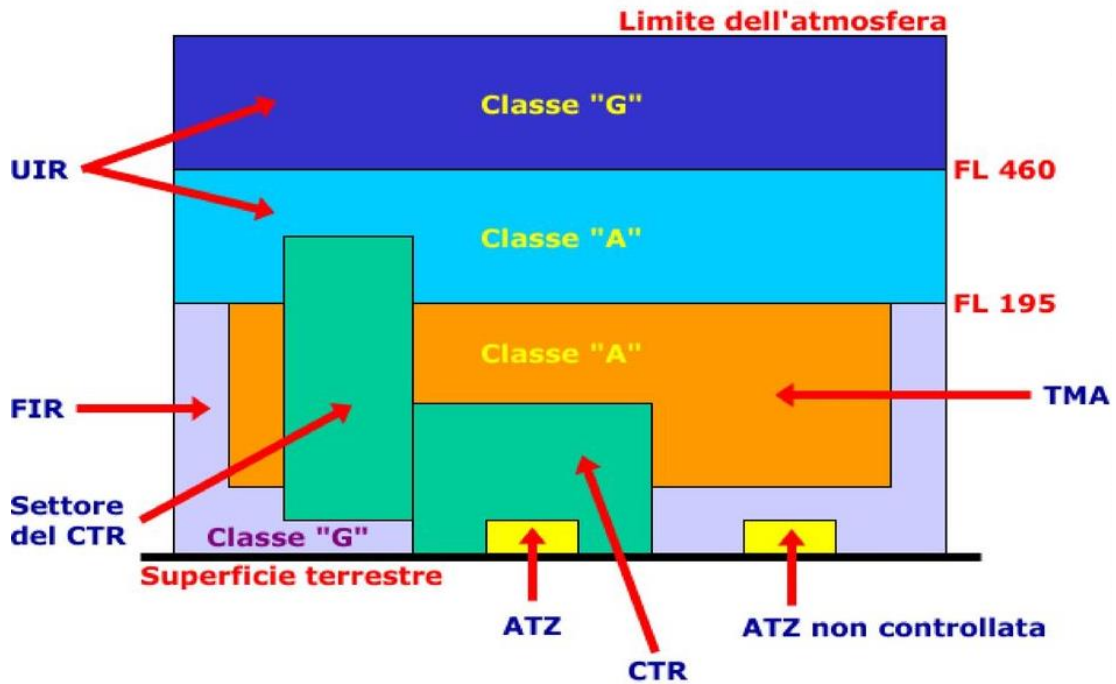


Figura 1 Schema classificazione spazio aereo.

CLASSIFICAZIONE	A	B	C	D	E	F	G
TIPOLOGIA	Controllato	Controllato	Controllato	Controllato	Controllato	Consulativo	NON Controllato
SERVIZI FORNITI	ATC*	ATC*	ATC*	ATC*	ATC*	FIS,ALRS	FIS,ALRS
TIPO DI TRAFFICO	IFR	TUTTI	TUTTI	TUTTI	TUTTI	TUTTI	TUTTI
SEPARAZIONI (ATC**)	TUTTI	TUTTI	IFR da IFR IFR da VFR	IFR da IFR	IFR da IFR	IFR da IFR (se possibile)	Nessuna
FIS	/	/	VFR da VFR su richiesta TFCAA	IFR da VFR VFR da VFR su richiesta TFCAA	se possibile	se richiesto	se richiesto
OBBLIGO CONTATTO RADIO	TUTTI	TUTTI	TUTTI	TUTTI	SOLO IFR	SOLO IFR	SOLO IFR

Servizio di controllo del traffico aereo (ATC)	servizio fornito al fine di: a) prevenire le collisioni tra aeromobili; tra aeromobili ed ostruzioni nell'area di manovra b) rendere spedito e mantenere un ordinato flusso di traffico	* il servizio ATC include il servizio FIS e ALRS ** nello spazio F è da intendersi come consulenza e non controllo
Servizio di allarme (ALRS)	Servizio che ha lo scopo di rendere noto agli organismi competenti che un aeromobile necessita di ricerca e soccorso e di assistere tali organismi come necessario.	ACRONIMI ALRS Alerting Service Servizio di Allarme ATC Air Traffic Control Controllo del Traffico Aereo FIS Flight Information Service Servizio Informazioni Volo TFCAA Traffic Avoidance Advice Avviso per Evitare Traffico
Servizio informazioni volo (FIS)	Servizio fornito allo scopo di dare avvisi e informazioni utili per una sicura ed efficiente condotta del volo.	
Servizio consultivo per il traffico aereo	Servizio fornito entro lo spazio aereo a servizio consultivo allo scopo di assicurare nei limiti del possibile la separazione tra aeromobili operanti con piano di volo IFR.	Lo Spazio Aereo italiano è suddiviso verticalmente in: a) Spazio Aereo SUPERIORE (UIR al di sopra di FL195) b) Spazio Aereo INFERIORE (FIR fino a FL195 incluso)
Avviso per evitare traffico (TFCAA)	Suggerimento, in termini di manovre, fornito da un ente di controllo del traffico aereo per assistere un pilota al fine di evitare una collisione.	La UIR viene ulteriormente divisa in: 1) da FL195 escluso a FL460 incluso classe C 2) da FL460 escluso a UNL classe G La FIR se non diversamente classificata è da intendersi G

Figura 2 Principale classificazione e tipologia degli spazi aerei.

1.2 - Controllo del Traffico Aereo in Italia

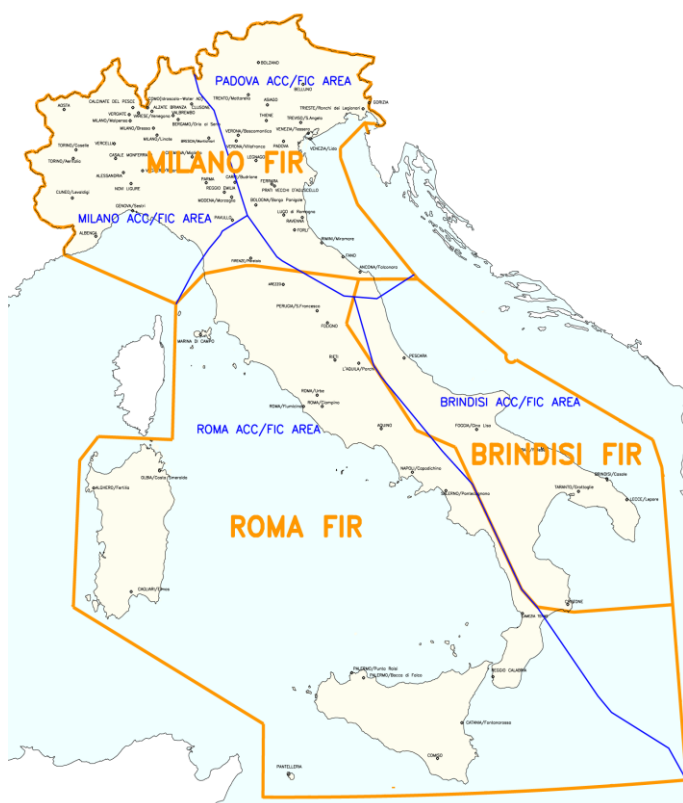
In Italia i principali enti incaricati alla gestione del traffico aereo sono l'ENAV (Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo), che è l'Air Navigation Service Provider (ANSP) italiano, e l'ENAC (Ente Nazionale dell'Aviazione Civile).

L'ENAC è l'autorità italiana di regolamentazione tecnica, certificazione e vigilanza nell'ambito dell'aviazione civile, sottoposta al controllo del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

ENAV è invece un ente autonomo con sede principale a Roma, fornitore in esclusiva di servizi alla navigazione aerea civile nello spazio aereo di competenza italiana.

Esso è sottoposto alla vigilanza del Ministero dei Trasporti e di ENAC.

Lo spazio aereo in Italia è suddiviso in tre Regioni Informazione Volo (FIR – Flight Information Region):



- FIR di Milano
- FIR di Roma
- FIR di Brindisi

Figura 3 Cartina Italia con relativa suddivisione dello spazio aereo (FIR)

Il traffico aereo deve seguire delle regole ben precise, che sono istituite da ICAO (International Civil Aviation Organization), un'agenzia autonoma delle Nazioni Unite che ha il compito di sviluppare le normative raccomandate per la navigazione aerea internazionale, delle rotte e degli aeroporti.

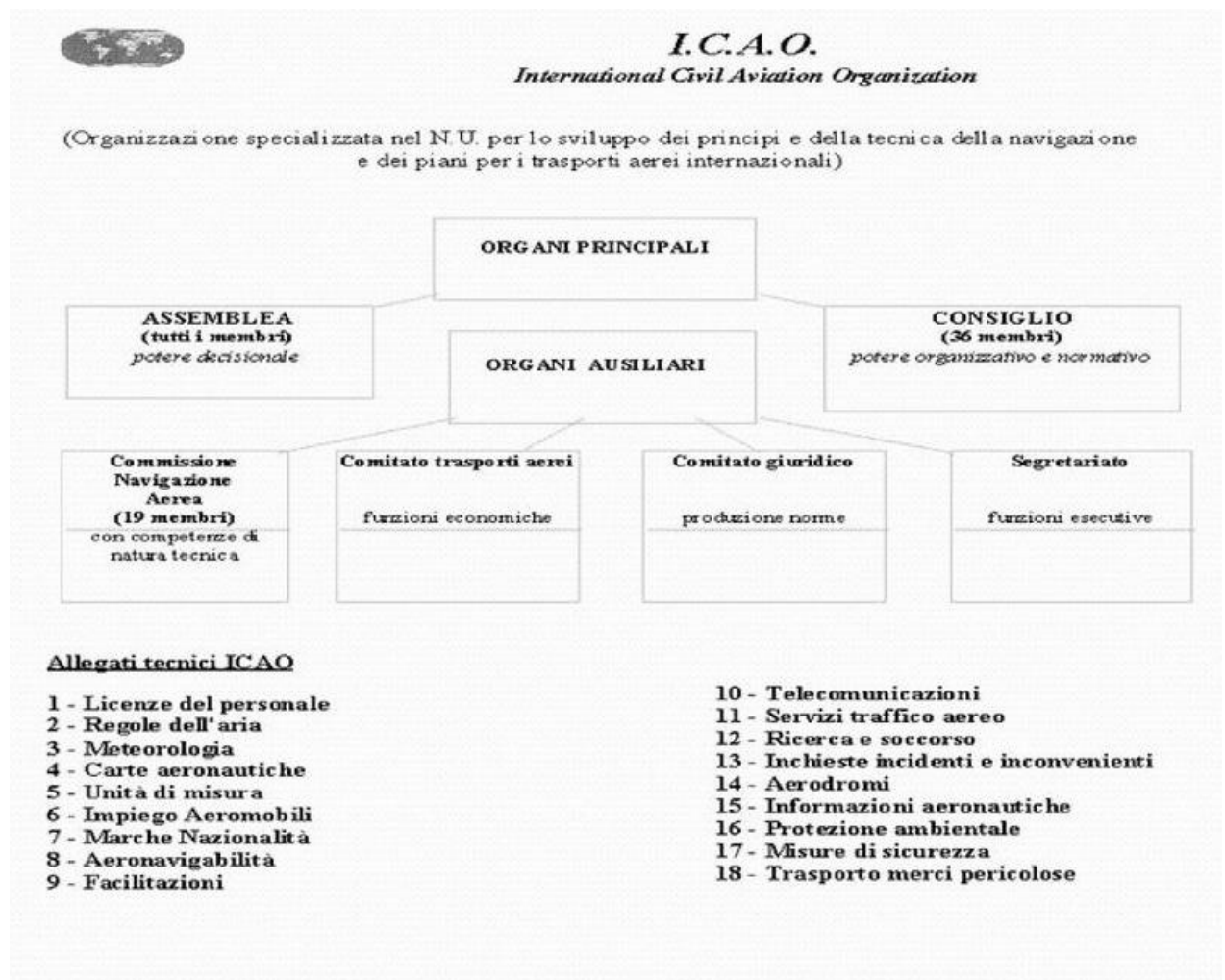


Figura 4 Schema generale struttura ICAO.

1.2.1 - Training Centre ENAV

Le complessità legate al controllo del traffico aereo sono molteplici e derivano da vari fattori, tra cui la densità del traffico, le condizioni meteorologiche mutevoli e la necessità di garantire la massima sicurezza.

Per far sì che la gestione del traffico aereo civile in Italia sia il più efficiente possibile è necessario che il personale operativo sia addestrato al meglio per ridurre a zero il rischio di errori durante la gestione dello spazio aereo, i quali potrebbero portare a conseguenze disastrose.

Il Training Centre di ENAV a Forlì, composto da aule didattiche, simulatori e numerosi servizi di supporto all'avanguardia offre, quindi, un ambiente altamente qualificato all'apprendimento in tale contesto.

Per poter effettuare nel migliore dei modi le attività di addestramento il centro si avvale di tecnologie di simulazione specifiche:

- 1 sala di simulazione radar (24 Workstation in 12 Suite)
- Simulatori di torre 3D ADACEL
- 1 simulatore di volo certificato CRJ
- 8 stazioni di lavoro PTT (Part Task Trainer)
- Simulatore Multiple Remote Tower Centre



Figura 5 Training Centre ENAV Forlì

1.3 – Torre di controllo del traffico aereo

Nella seguente trattazione, verrà descritto il ruolo del controllore di torre, figura fondamentale nel contesto dei progetti MRT e RTC.

La torre di controllo del traffico aereo (TWR) è l'ente ATS che si occupa di gestire il traffico aeroportuale.

Il controllore di torre svolge il proprio compito all'interno di una struttura dedicata, che gli permette di avere una vista a 360 gradi dell'aeroporto,

La TWR, secondo le normative ICAO, ha il compito di autorizzare il movimento di qualsiasi persona, veicolo o aeromobile sull'aeroporto e nelle sue vicinanze, al fine di prevenire le collisioni tra aeromobili, aeromobili e veicoli od ostacoli posti nell'area di manovra, cercando di mantenere ordinato e spedito il flusso di traffico aereo.

Lo spazio di responsabilità della TWR è costituito dall'area di manovra, cioè dalla pista e dalle relative vie di rullaggio, esclusi i piazzali di parcheggio, e dallo spazio aereo attorno all'aeroporto in un raggio di circa 8 km (5 miglia nautiche) fino ad un'altitudine variabile di circa 2000 piedi.

Tale spazio aereo, solitamente di forma cilindrica, prende il nome di A.T.Z. (Aerodrome Traffic Zone).

Per effettuare qualsiasi movimento all'interno di questo spazio è obbligatorio contattare via radio la torre di controllo per ottenere l'autorizzazione ad effettuare le rispettive manovre.

Il Controllore TWR, osservando a vista la situazione del traffico, potrà concedere o ritardare l'autorizzazione e, se necessario, dare informazioni su altro traffico previsto o presente in zona.

La TWR ha inoltre il compito di fornire i seguenti servizi:

- Servizio Informazioni Volo (FIS, Flight Information Service)
- Servizio di Allarme (ALS, Alerting Service)

Per gestire in modo efficace il traffico e intervenire prontamente in situazioni critiche o di emergenza (quando necessario), oltre alla sorveglianza visiva diretta, i controllori di torre hanno a disposizione numerosi strumenti e tecnologie che contribuiscono a monitorare e gestire il traffico aereo in modo sicuro ed efficiente. Tra i vari strumenti

sono presenti sistemi radar di superficie, sistemi per le comunicazioni radio, manuali e procedure operative, il Sistema di Gestione del Traffico Aereo (ATMS) e sistemi di allarme e sicurezza, finalizzati tutti a fornire informazioni aggiuntive e supporto decisionale ai controllori.

La loro integrazione consente ai controllori di torre di gestire con precisione e tempestività le operazioni aeroportuali.

Il lavoro che si svolge dentro la Torre di Controllo non si basa però sul lavoro di un singolo controllore, bensì sul coordinamento di molte persone che hanno compiti differenti.

I ruoli che analizzerò saranno quelli che l'ATCO, nel caso specifico delle MRT, dovrà saper svolgere simultaneamente, ovvero:

- Clearance Delivery (Controllore di Consegna delle Autorizzazioni): questo ruolo è responsabile di fornire le autorizzazioni necessarie all'equipaggio degli aeromobili prima della fase di rullaggio. Il controllore di Clearance Delivery comunica le istruzioni di autorizzazione per la rotta di volo e altri dettagli fondamentali riguardanti la comunicazione, come frequenze radio e codici transponder.
- Ground Controller (Controllore di Terra): questo controllore gestisce il traffico aereo sulla superficie dell'aeroporto, inclusi i movimenti degli aeromobili sulla pista di rullaggio, nelle aree di parcheggio e lungo le vie di rullaggio. Coordina inoltre gli spostamenti degli aeromobili tra le varie aree dell'aeroporto, garantendone efficienza e sicurezza.
- Tower Runway Controller (Controllore di Torre): il controllore di torre coordina l'accesso alla pista, autorizzando gli aeromobili al decollo e all'atterraggio, garantendo una corretta e sicura separazione tra gli aeromobili in movimento sulla pista.

In sintesi, il Clearance Delivery fornisce le istruzioni prima del volo, il Controllore di Terra gestisce il traffico a terra, mentre il Controllore di Torre si occupa in modo specifico degli aeromobili sulla pista di decollo e atterraggio.

Questi ruoli collaborano e sono fondamentali per garantire un flusso sicuro ed efficiente del traffico aereo all'interno dell'aeroporto.

Capitolo 2

Progetto SESAR: Strategia di validazione e creazione di esercizi di validazione specifici

2.1 - Cielo Unico Europeo (CUE)

Il Cielo unico europeo (CUE) è un'iniziativa della Commissione Europea che ha come obiettivo il rafforzamento della sicurezza e dell'efficienza del traffico aereo in Europa, riducendo i ritardi e ottimizzando la gestione degli spazi aerei.

Il progetto è quello di suddividere lo spazio aereo, anziché sulla base dei territori dei singoli stati, in "blocchi funzionali", in modo da aumentarne l'efficienza.

Il traffico verrà dunque gestito secondo le esigenze degli utenti, mantenendo comunque come obiettivo principale la sicurezza.

Il controllo del traffico aereo sarà quindi basato su modelli di volo studiati per ottenere una maggior efficienza, capacità e sicurezza.

Gli stati membri dell'unione europea, per gestire il traffico aereo, cooperano tramite EUROCONTROL, un'organizzazione intergovernativa che comprende 41 stati europei.

Essa ha come obiettivo lo sviluppo e il mantenimento di un efficiente sistema di controllo del traffico aereo a livello europeo, collaborando con le autorità nazionali dell'aviazione civile e con gli enti e fornitori del servizio di controllo del traffico aereo.

2.2 - Progetto SESAR



Il progetto SESAR (Single European Sky ATM Research) è un programma che ha come obiettivo la completa revisione dello spazio aereo europeo e della gestione del suo traffico.

Il nuovo e modernizzato sistema di gestione del traffico dovrà dunque impedire la congestione del cielo europeo e dovrà ridurre l'impatto ambientale dovuto al trasporto aereo. Il progetto SESAR è composto in tre fasi principali:

- Fase di definizione, nella quale vengono studiate e stabilite le caratteristiche del nuovo sistema di gestione del traffico aereo.
- Fase di sviluppo gestita dal consorzio Impresa comune SESAR, che vedrà la progettazione e lo sviluppo di nuovi sistemi tecnologici di ultima generazione.
- Fase di applicazione, nella quale le nuove tecnologie e infrastrutture per la gestione del traffico aereo vengono implementate su larga scala per massimizzare l'efficienza del trasporto aereo in Europa.

L'impresa comune SESAR è dunque un partenariato tra enti del settore privato e pubblico, istituito per accelerare attraverso la ricerca e l'innovazione, la creazione del Cielo Unico Europeo, sfruttando l'utilizzo di soluzioni tecnologiche all'avanguardia.

Una di queste, cioè il soggetto principale di questo elaborato, è il progetto PJ05-W2-35 MRT & RTC (Multiple Remote Tower and Remote Tower Centre).

2.3 - Multiple Remote Tower and Remote Tower Centre

Il concetto di Torre Remota sta rivoluzionando la fornitura dei Servizi di Controllo del Traffico Aereo (ATS).

Ciò è reso possibile grazie a soluzioni digitali che eliminano la necessità di avere controllori e strutture di torri localizzate negli aeroporti.

L'obiettivo della soluzione 35 è dimostrare un aumento della produttività degli operatori del traffico aereo (ATCO) attraverso un miglior equilibrio del carico di lavoro tra diversi moduli di torre da remoto (MRTM) all'interno di un Remote Tower Centre (RTC), supportato da un ruolo di Supervisore mediante l'utilizzo di un tool di pianificazione specifico. Ciò dovrebbe essere realizzato attraverso un'allocazione flessibile di aerodromi raggruppati a MRTM dedicati.

Per consentire un'allocazione efficiente, si presume che il RTC Supervisor sia supportato da uno strumento di pianificazione che incorpora dati come volume/complessità del traffico e condizioni meteorologiche nei diversi aeroporti, nonché approvazioni e disponibilità degli operatori del traffico aereo (ATCO).

Nella figura sottostante, è mostrata una visione esemplificativa di come potrebbe funzionare un RTC con un'allocazione flessibile di aerodromi:

- Quattro diversi aerodromi sono allocati in modo flessibile tra due MRTM nel RTC, mentre ad un singolo MRTM possono essere allocati al massimo tre aerodromi.
- Il RTC Supervisor dovrebbe essere fornito di tutti i dati necessari per allocare gli aerodromi tra i diversi MRTM in modo flessibile, cercando, per quanto possibile, di ottenere un equilibrio del carico di lavoro tra i MRTM.

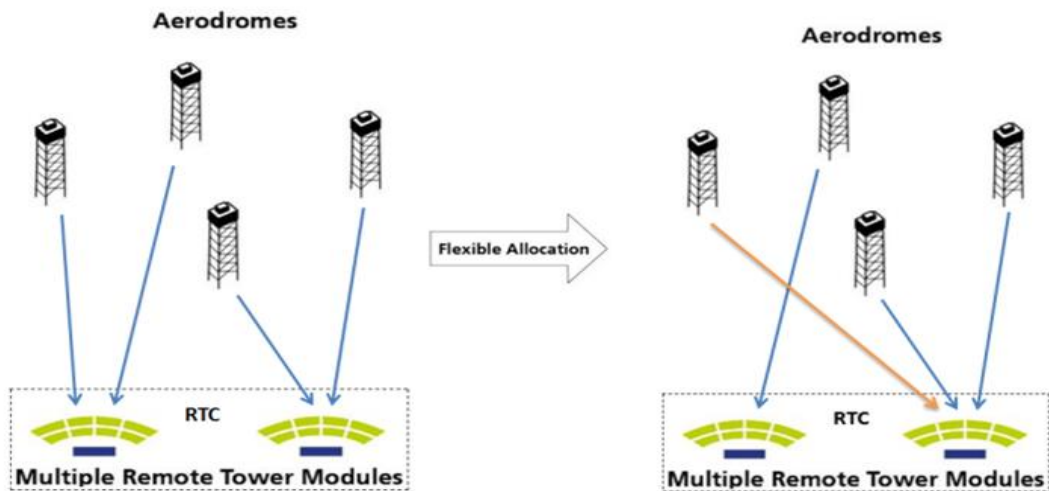


Figura 6 Esempio di aerodromi allocati in un RTC

La seguente immagine è un altro esempio di come un grande numero di aerodromi possono essere posizionati in più moduli all'interno di un singolo RTC

Il supervisore per poter posizionare al meglio i vari aerodromi nei rispettivi moduli fa uso di un tool specifico (supervisor planning tool).

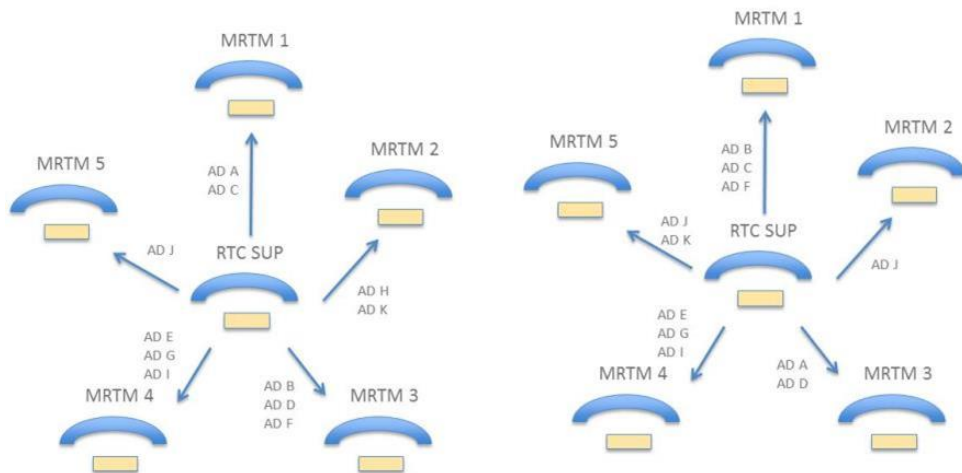


Figura 7 Esempio di un RTC più grande

Questo, come ogni progetto in via di sviluppo, dovrà superare diverse fasi per poi arrivare all'ultimo step, che è quello di industrializzazione.

Per ogni fase di progetto dovranno necessariamente essere soddisfatti dei criteri specifici, che verranno poi descritti e analizzati in una documentazione tecnica specifica.

2.3.1 - Criteri di validazione

Lo sviluppo operativo e tecnico di SESAR è strutturato in tre fasi V (V1-V3), che si riferiscono ai livelli E-OCVM (European Operational Concept Validation Methodology):

- V1 - Ambito. Identifica le soluzioni operative e tecniche per raggiungere le prestazioni desiderate identificate nella fase pre-R&S (V0).
- V2 - Fattibilità. Sviluppa ed esplora gli elementi concettuali individuali e i supporti abilitanti fino a quando il/i concetto/i selezionato/i può/po possono essere considerati operativamente fattibili o può essere stabilito che ulteriore sviluppo non è più giustificato.
- V3 - Sviluppo e integrazione preindustriale. (a) Sviluppa e perfeziona i concetti operativi e i supporti abilitanti per preparare la loro transizione dalla ricerca a un ambiente operativo, (b) convalida che tutti i concetti e i supporti abilitanti sviluppati simultaneamente possano funzionare coerentemente insieme e siano in grado di fornire i benefici richiesti, e (c) stabilisce che i pacchetti sviluppati simultaneamente possono essere integrati nel sistema ATM di destinazione.

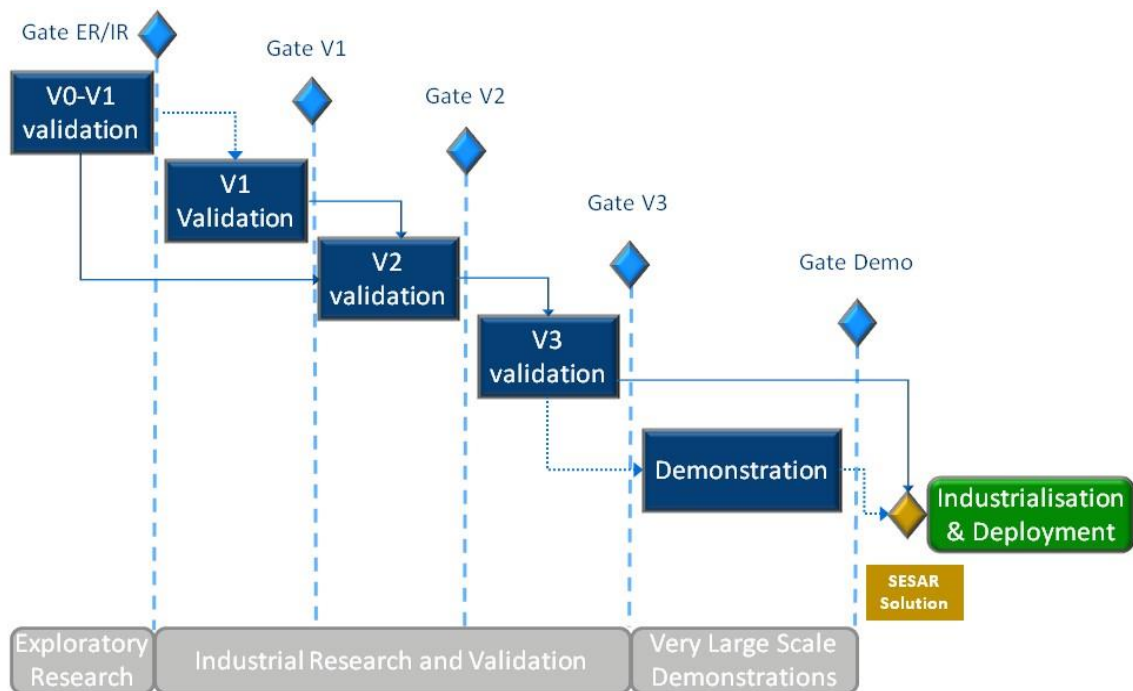


Figura 8 Fasi del ciclo di sviluppo di soluzioni SESAR

Le attività tipiche condotte nella fase V3, trattate in questa tesi, sono:

- Integrazione e convalida del concetto operativo (con tutti gli altri concetti correlati): Il concetto operativo viene integrato nel sistema di destinazione e convalidato utilizzando scenari realistici. La sua interazione con tutti i concetti correlati viene analizzata.
- Specifiche tecniche e valutazioni di fattibilità: Le specifiche tecniche vengono sviluppate al livello richiesto per l'industrializzazione e per eventuali standardizzazioni nella fase successiva. Un prototipo preindustriale viene sviluppato sulla base di queste specifiche e convalidato.
- Valutazione della fattibilità della transizione: viene completata in caso di impatto derivante da raffinamenti operativi e tecnici effettuati durante questa fase.
- Valutazione dei benefici e dei rischi: essi vengono finalizzati qui per tutte le KPAs (Key Performance Areas) rilevanti. L'impatto di tutti i concetti correlati viene analizzato in entrambe le direzioni.

I criteri di maturità SESAR sono organizzati in sette filoni:

Cinque filoni coprono gli aspetti della maturità di una Soluzione SESAR: Operativo, Sistema, Prestazioni, Standard e regolamenti, Transizione:

- Operativo: riguarda la descrizione e la definizione dei dettagli del concetto operativo e degli aspetti procedurali legati a una Soluzione SESAR. Si riferisce alla definizione e allo sviluppo di scenari operativi, casi d'uso, procedure operative, ruoli e responsabilità e all'identificazione dei requisiti operativi, di sicurezza e di prestazioni;
- Sistemi: riguarda la descrizione e il perfezionamento della tecnologia/sistemi richiesti, dei blocchi funzionali e dei supporti di sistema per sostenere la Soluzione SESAR. Si riferisce allo sviluppo di requisiti di interoperabilità e specifiche tecniche che affrontano i requisiti operativi e di prestazioni per la Soluzione SESAR;

- Prestazioni: quantifica in che misura le valutazioni delle prestazioni eseguite seguono il materiale di riferimento per la valutazione delle prestazioni SESAR, delle aree trasversali, i benefici di prestazione qualitativi/quantitativi e i costi associati alla Soluzione SESAR;
- Standard e Regolamenti: tratta dell'identificazione delle esigenze di standardizzazione e regolamentazione man mano che la maturità della Soluzione SESAR evolve e del contributo alle attività presso organismi di standardizzazione e regolamentazione sul campo di una data Soluzione SESAR;
- Transizione: questo filone valuta se tutti gli aspetti necessari per garantire una transizione tra i vari livelli di maturità sono stati presi in considerazione, ad esempio se le raccomandazioni per il prossimo livello sono state documentate. Copre inoltre tutti gli aspetti che possono influenzare le decisioni di industrializzazione/implementazione in una fase successiva ma che non rientrano strettamente nel campo della Soluzione SESAR.

Due filoni aggiuntivi valutano aspetti che, sebbene non direttamente correlati alla maturità della Soluzione SESAR, consentono di migliorare la fiducia nelle evidenze fornite (Validazione) e di garantire l'allineamento di essa con il quadro del Programma SESAR:

- Programma: Questo filone quantifica in che misura le attività svolte su una data soluzione SESAR si inseriscono nell'ambito generale del programma SESAR;
- Validazione: Questo filone analizza in che misura l'approccio e il metodo di validazione adottati sono coerenti con il livello di maturità attuale e di destinazione per la Soluzione SESAR.

ENAV ha contribuito allo studio e allo sviluppo del progetto attraverso esercizi di simulazione specifici grazie all'utilizzo di un simulatore di MRTC e RTC.

Nei paragrafi successivi verrà descritto in dettaglio il progetto generale del Remote Tower Centre e l'esercizio di validazione studiato appositamente per verificarne i pro e i contro ipotizzati in fase di progetto.

2.4 – Descrizione e scopo dell’esercizio di validazione

L'esercizio di convalida si concentra sulla erogazione remota dei Servizi di Controllo del Traffico Aereo da parte di un Centro Torre Remota (RTC), con l'allocazione dinamica di un massimo di 3 "aeroporti in un ambiente ridotto" tra due Moduli di Controllo del Traffico Aereo Remoti (MRTM).

Un singolo Controllore del Traffico Aereo (ATCO) per ciascun modulo ricopre simultaneamente i ruoli di Clearance Delivery, Ground Controller e Tower Runway Controller.

Gli ATCO dovranno ovviamente essere qualificati per ciascuno degli aeroporti assegnati al RTC.

Un Supervisore durante gli esercizi alloca dinamicamente gli aeroporti tra due MRTM, supportato da uno strumento di pianificazione.

Sarà quindi condotta un'analisi delle prestazioni umane, della sicurezza e dell'efficienza dei costi (in termini di produttività degli ATCO) per valutare la capacità degli ATCO di fornire simultaneamente il Servizio di Controllo del Traffico Aereo in modo sicuro ed efficiente.

Il Banco di Prova RTC di ENAV, situato presso l'ENAV training centre a Forlì, è dotato di sistemi IDS AIRNAV e TECHNO SKY e viene utilizzato per effettuare una simulazione in tempo reale nell'ambiente operativo dell'aeroporto.

Gli scenari di simulazione sono limitati ad aeroporti di piccole dimensioni, caratterizzati da movimenti annuali IFR compresi tra 15.000 e 40.000.

2.4.1 - Scenario di simulazione

L'esercizio di validazione che deve essere simulato si basa sulle seguenti caratteristiche:

- RTC con due MRTMs (un singolo ATCO per ogni modulo)
- Tre aeroporti assegnati al RTC:
 1. Brindisi (LIBR)
 2. Lamezia Terme (LICA)
 3. Treviso (LIPH)
- Postazione del Supervisore RTC ricoperta da un altro ATCO designato per coprire quel ruolo specifico, supportato da un tool di pianificazione creato ad hoc per l'allocazione dinamica degli aeroporti.
- Allocazione dinamica di tre aeroporti su due MRTMs:
 - Ogni modulo con la capacità di allocare e gestire fino a 3 aeroporti contemporaneamente.

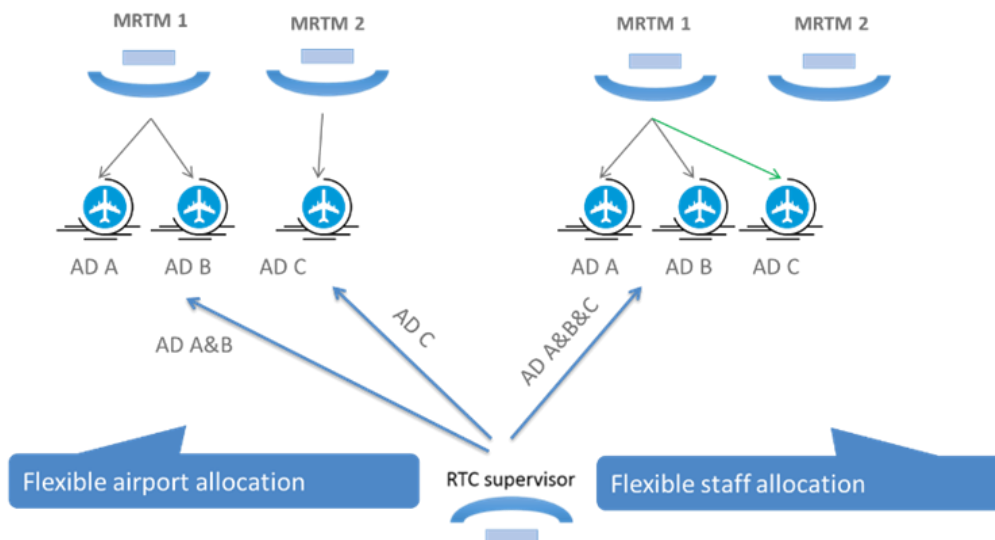
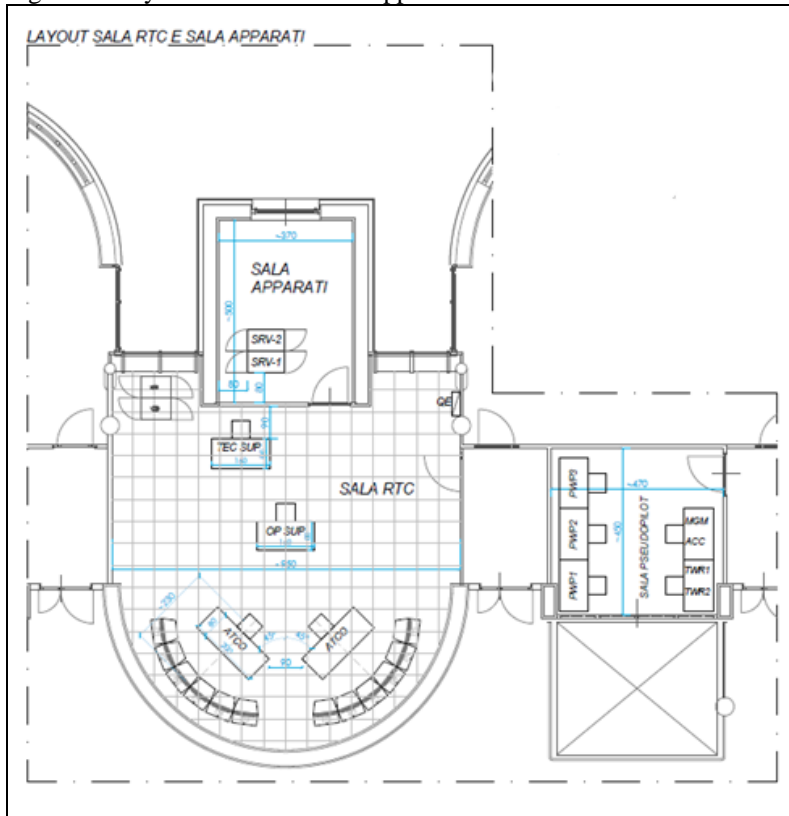


Figura 9 Allocazione flessibile degli aeroporti nell'esercizio di simulazione

Figura 10 Layout sala RTC e sala apparati



Nella seguente tabella vengono riportate le caratteristiche dei tre aerodromi di interesse per la simulazione.

	Aeroporto A	Aeroporto B	Aeroporto C
<i>Nome aeroporto (AIP)</i>	Brindisi/Casale (LIBR)	Lamezia Terme (LICA)	Treviso/Sant'Angelo (LIPH)
<i>Indicatori e lunghezza pista</i>	13/31 3048 m 05/23 1793 m	10/28 3017 m	7/25 2420 m
<i>Numero di vie di rullaggio</i>	18	9	2
<i>Classificazione spazio aereo</i>	D	D	D
<i>Movimenti IFR all'anno (2019)</i>	19937	22179	21689

Tabella 1 Caratteristiche aeroporti utilizzati per la simulazione

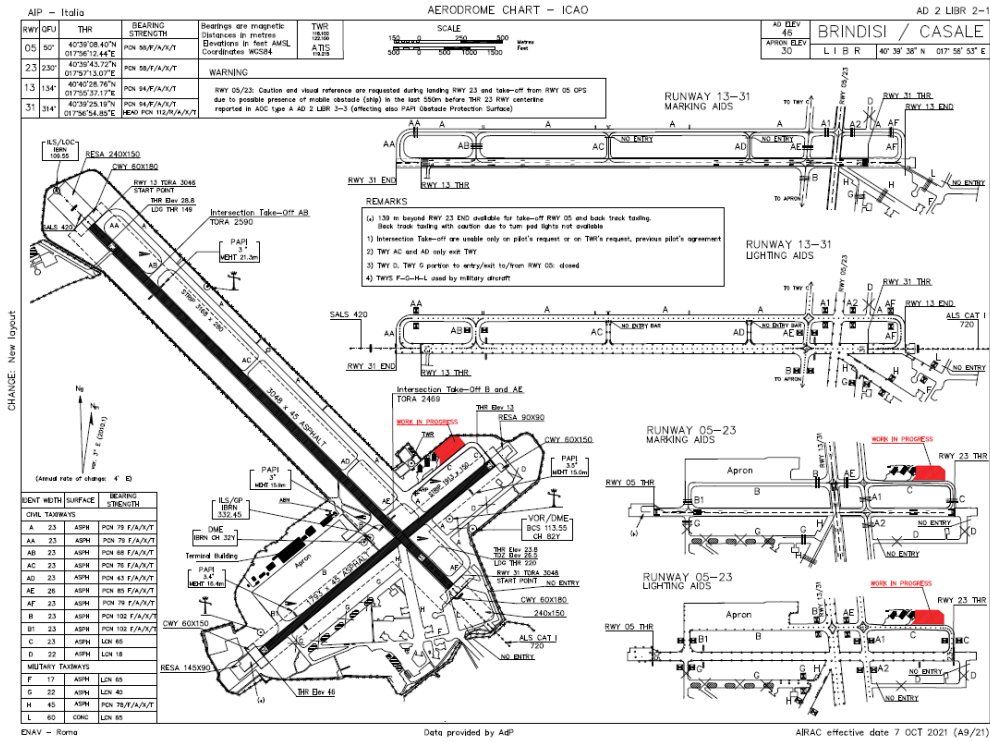


Figura 11 Carta aerodromo Brindisi/Casale (LIBR)

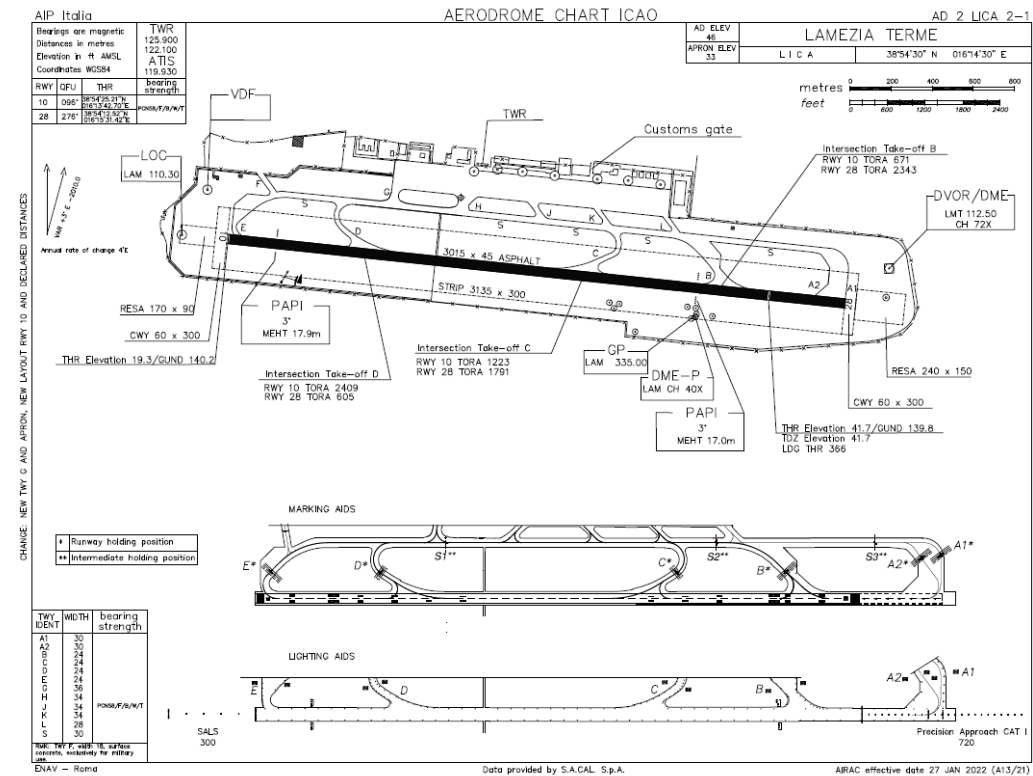


Figura 12 Carta aerodromo Lamezia Terme (LICA)

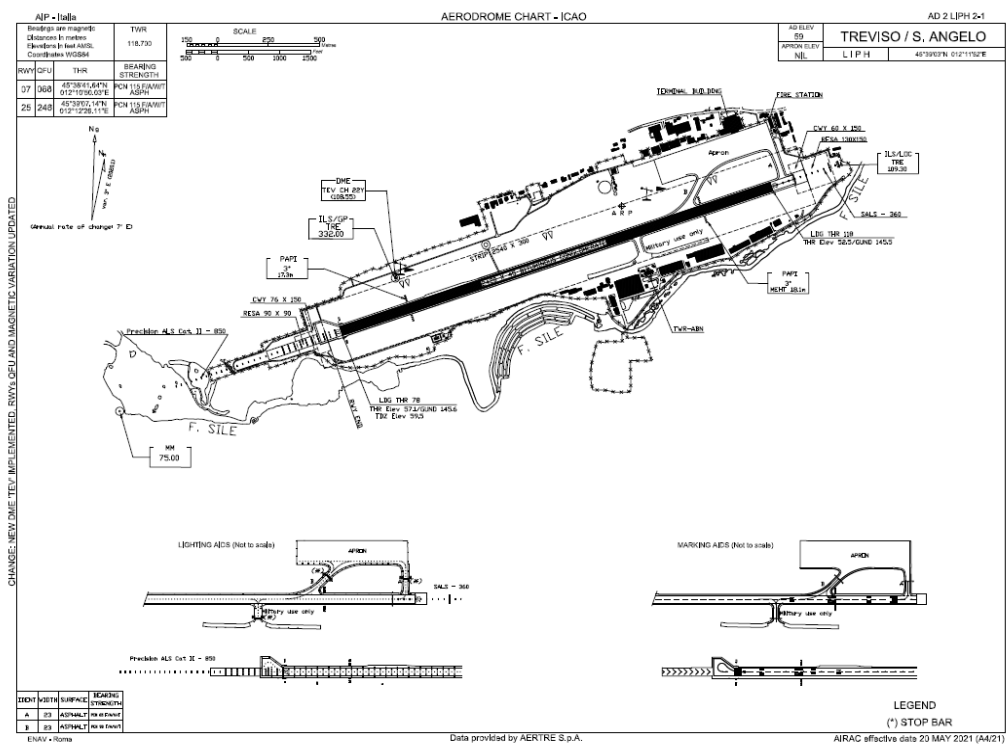


Figura 13 Carta aerodromo Treviso/Sant'Angelo (LIPH)



Figura 14 Posizionamento dei tre aeroporti e del RTC

2.4.2 - Obiettivi della simulazione

Di seguito vengono elencati gli obiettivi dell'esercizio di validazione:

-HUMAN PERFORMANCE

- CONSAPEVOLEZZA DELLA SITUAZIONE
 1. Valutare la consapevolezza della situazione del personale di controllo del traffico aereo (ATCO) durante il lavoro in un RTC
 2. Valutare la consapevolezza della situazione degli ATCO durante la fornitura dei servizi di controllo del traffico aereo (ATS) a più aerodromi.
 3. Valutare la consapevolezza della situazione della squadra durante la fornitura di ATS a più aerodromi.

- CARICO DI LAVORO:
 1. Valutare il carico di lavoro degli ATCO durante la fornitura di ATS a più aerodromi.
 2. Valutare il carico di lavoro del Supervisore durante il supporto alla fornitura di ATS a più aerodromi.

- ACCETTAZIONE DEI METODI OPERATIVI/RUOLI:
 1. Valutare l'accettazione degli ATCO dei metodi operativi durante la fornitura di ATS a più aerodromi.
 2. Valutare l'accettazione degli ATCO dei ruoli e delle responsabilità durante la fornitura di ATS a più aerodromi.
 3. Valutare l'uso della fraseologia degli ATCO durante la fornitura di ATS a più aerodromi.
 4. Valutare l'accettazione dei metodi operativi da parte del Supervisore quando supporta la fornitura di ATS a più aerodromi.
 5. Valutare l'accettazione dei ruoli e delle responsabilità da parte del Supervisore quando supporta la fornitura di ATS a più aerodromi.

- **USABILITÀ E UTILITÀ:**
 1. Valutare che l'interfaccia uomo-macchina supporti il team nell'esecuzione dei compiti.
 2. Valutare usabilità e utilità dell'interfaccia uomo-macchina degli ATCO durante la fornitura di ATS a più aerodromi.
 3. Valutare usabilità e utilità dell'interfaccia uomo-macchina del Supervisore quando supporta la fornitura di ATS a più aerodromi.

- **FIDUCIA:**
 1. Valutare la fiducia degli ATCO nei sistemi di supporto durante la fornitura di ATS a più aerodromi.
 2. Valutare la fiducia del Supervisore nei sistemi di supporto durante la fornitura di ATS a più aerodromi.

-SICUREZZA

1. Valutare la capacità degli ATCO di fornire servizi di controllo del traffico aereo in modo sicuro durante il lavoro in un RTC con un'allocazione flessibile di aerodromi tra MRTM in tutte le condizioni.
2. Valutare la capacità del Supervisore di supportare gli ATCO in tutte le condizioni quando si lavora in un RTC con un'allocazione flessibile di aerodromi tra MRTM.

2.5 - Definizione dei ruoli degli ATCO durante la simulazione e analisi dei rispettivi strumenti a disposizione

La piattaforma destinata all'esercizio di convalida presenta un'integrazione di nuovi strumenti, sviluppati specificamente per queste simulazioni, con sistemi già esistenti.

Questa piattaforma consente di espletare i servizi di controllo del traffico aereo (ATC) attraverso due moduli (MRTM), in grado di simulare fino a tre scenari di aeroporti diversi.

Gli elementi principali di questa piattaforma sono:

- TBA3D (Test Bed for A-SMGCS): un simulatore di torre di controllo che fornisce un ambiente di prova per analizzare in tempo reale le operazioni aeroportuali. La visualizzazione di più aeroporti avviene attraverso il modulo "Out-of-The Window" (OTW), che mostra le viste degli aeroporti su 6 monitor per ogni MRTM, con un massimo di 3 aeroporti visualizzabili orizzontalmente su ogni modulo.
- CWP (Controller Working Position): permette la visualizzazione dei dati di sorveglianza, delle liste FDPS (Flight Data Processing System), delle strisce di progresso volo e AWOS (Aerodrome Weather Observation System) per le informazioni meteorologiche.
 - L'e-TWR CWP comprende due interfacce: una per la visualizzazione delle informazioni sulla sorveglianza aerea e una per le liste FDPS.
 - E-STRIP è progettato per gestire i voli tramite strisce elettroniche di progresso volo (EFPS).

Uno strumento di supporto chiamato "ATCO Planning Tool" è integrato nel sistema e suggerisce la successiva azione in base a priorità predefinite, tenendo conto di tutti gli aeroporti sotto controllo.

- AWOS è un sistema meteorologico standard per gli aeroporti pertinenti.
- La gestione del passaggio/consegna di un aeroporto da un MRTM sarà possibile attraverso un'interfaccia uomo-macchina dedicata, sviluppata appositamente per tale scopo: sarà possibil, infatti, gestire da 1 a 3

aeroporti. La presa in carico o la cessione di un aeroporto al MRTM controllato dipenderanno dalla decisione del Supervisore.

- TEAM (TEchnosky Audio Module): consente la simulazione di comunicazioni radio su diverse frequenze tra aeromobili e il centro di controllo.
- Un tool per il Supervisore che permette di configurare automaticamente i due MRTMs durante l'allocazione dinamica degli aeroporti.
- Uno tool di pianificazione per il Supervisore che assiste il RTC Supervisor nella decisione sulla configurazione dei due MRTMs in base al carico di lavoro stimato dell'ATCO.

Vengono ora analizzati i ruoli degli ATCO durante l'esercizio e degli strumenti che hanno a disposizione.

○ RTC OPERATIONAL SUPERVISOR ROLE

Il Supervisor è incaricato della gestione generale delle attività nella Sala Operativa. Questo ruolo è assegnato a un Controllore del Traffico Aereo (ATCO) con un'approvazione come Supervisore RTC. Questo ruolo si concentra sul bilanciamento del carico di lavoro tra gli ATCO in ciascun MRTM attraverso l'allocazione flessibile degli aeroporti.

Per agevolare un'allocazione efficiente, il Supervisore RTC è supportato da uno Strumento di Pianificazione, che tiene conto di dati come il volume e la complessità del traffico, gli orari e le approvazioni degli ATCO, e le previsioni meteorologiche per gli aeroporti coinvolti.

Strumenti per la posizione di Supervisore Operativo RTC (OP SUP):

- Strumento di pianificazione del Supervisore;
- Strumento di configurazione MRTMs;
- Modulo audio per le comunicazioni;
- Lista dei voli FDP.

○ MRTM ATCO

Il controllore del traffico aereo di ogni modulo dovrà svolgere le attività operative relative ai seguenti ruoli:

1. Tower controller
2. Clearance Delivery Controller
3. Ground Controller

Strumenti per la posizione ATCO di MRTM:

- Strisce elettroniche (e-STRIP) con funzionalità aggiuntive per l'organizzazione delle attività;
- CWP HMI che include:
 1. Sorveglianza aerea con tracce radar disponibili per LIPH e LICA, non disponibili per LIBR;
 2. Lista dei voli FDP;
 3. Cliente AWOS con messaggio ATIS;
 4. Interfaccia utente (HMI) per il passaggio/cedimento di aeroporti;
 5. Segnalazione di Allerta/Emergenza per l'aeroporto;
- Modulo audio per le comunicazioni (TEAM - Posizione ATCO);
- Telecamera Pan Tilt Zoom;
- Out of the Window per l'osservazione visiva.

2.6 - Analisi dei tools e dell'interfaccia Utente

➤ POSIZIONE e-CWP

Essa consente di controllare da 1 a 3 aeroporti in base alla configurazione stabilita dal Supervisore Operativo.

Le sue caratteristiche principali sono:

- GRP:
 - Etichetta radar: consente di visualizzare informazioni utili per il volo.
 - Possibilità di evidenziare situazioni di allarme o emergenza, rendendo la traccia più visibile rispetto alle altre.
 - Visualizzazione delle mappe aeree di sorveglianza.
 - Menu di scelta della mappa: ottimizzato con una visualizzazione ad albero, consente di abilitare e di disabilitare i diversi strati.
 - Gestisce la ricezione del QNH (pressione al livello del mare) e del Transition Level.
 - Consente l'inserimento manuale del QNH.
- Client AWOS (Automatic Weather Observing System):
 - Presentazione dati meteorologici dell'aeroporto.
 - Visualizzazione del messaggio ATIS (Automatic Terminal Information Service) premendo il pulsante ATIS.
- Lista voli:
 - Lista voli in arrivo e in partenza.
 - Assegnazione degli ordini.
- Set di pulsanti:
 - HMI (Human-Machine Interface) del sistema di allarme/emergenza: sarà possibile avvisare gli interessati dell'aeroporto in merito allo stato prioritario/di emergenza di un aeromobile.
 - Stato di trasferimento del controllo dell'aeroporto.

Sono riportate in seguito delle immagini esemplificative di come appare l'HMI quando il modulo controlla i vari aeroporti:

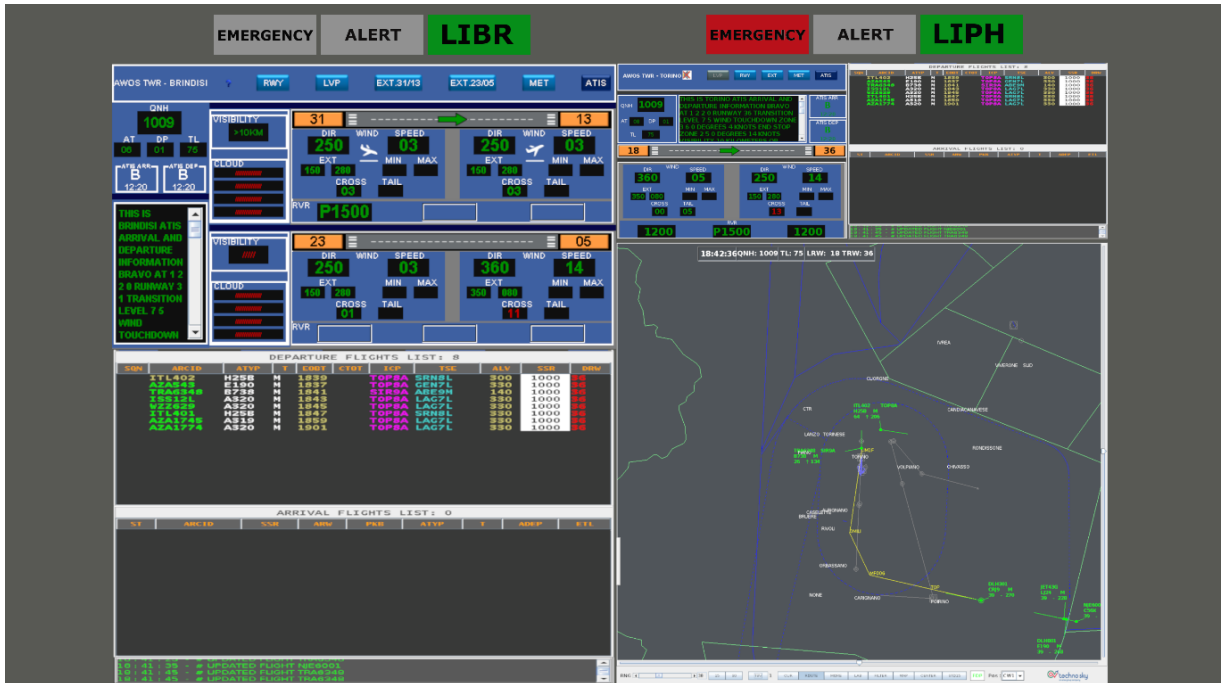


Figura 15 LIBR e LIPH controllati con GRP

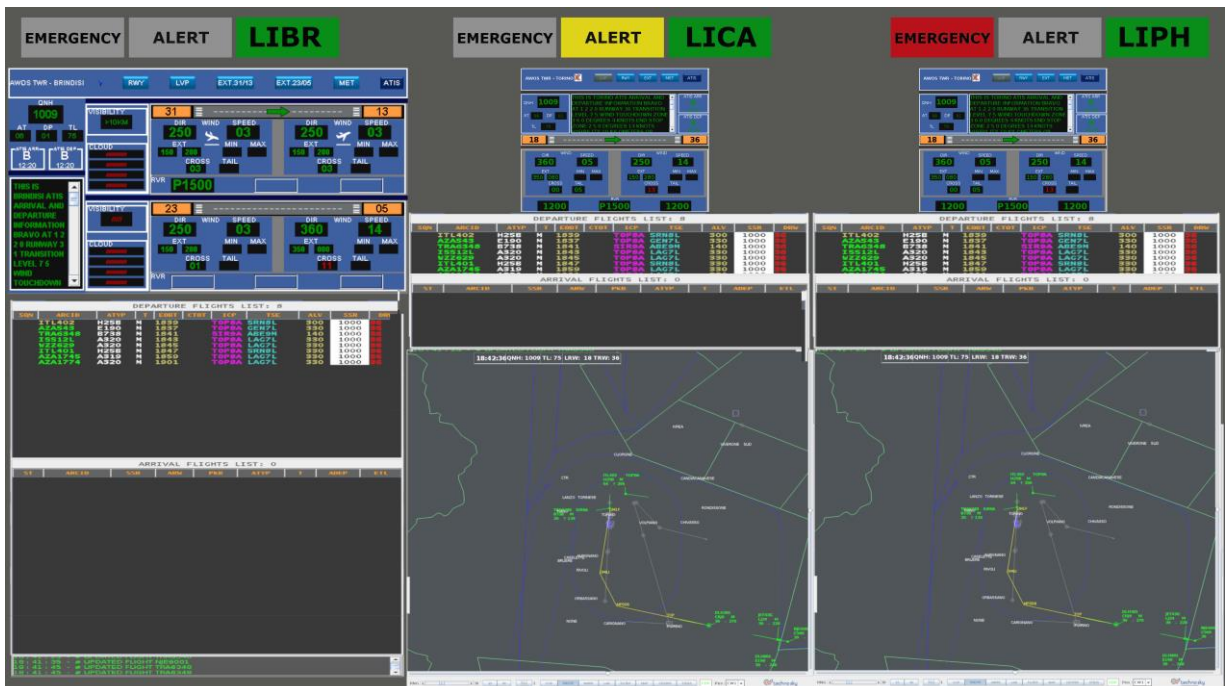


Figura 16 Tutti e tre gli aeroporti controllati con GRP

➤ E-STRIP

Il sistema e-STRIP consente di gestire gli EFPS (Electronic Flight Progress Strips) da 1 a 3 aeroporti in base alla configurazione stabilita dal Supervisore Operativo. Gli ATCO (Air Traffic Control Officers) saranno dunque in grado di gestire il flusso di un EFPS e i relativi ordini dalla zona di parcheggio fino al trasferimento a APP/ACC per i voli in partenza e viceversa per quelli in arrivo. La disposizione dello schermo ridimensionerà automaticamente l'HMI in caso di passaggio di controllo di un aeroporto.

Ogni baia ha un ruolo preciso e la presenza di una striscia al suo interno è collegata a uno stato di volo predefinito (ad esempio, la baia degli arrivi contiene tutti i voli con un atterraggio previsto entro i successivi dieci minuti).

È il controllore che, trascinando o cliccando sul pulsante "Next Action", permette il passaggio di una striscia da una baia all'altra.

Gli EFPS, simili alle strisce di carta della torre di controllo, contengono un insieme di dati, come descritto nelle immagini seguenti.

Il campo sulla destra è correlato alla "Next Action", e in base allo stato del volo proporrà all'ATCO la successiva azione da intraprendere. L'ATCO può accettare l'azione proposta o sceglierne una diversa.

Il sistema consente inoltre di impostare la pista predefinita per le partenze e per gli arrivi.

01	B738\M	1440		B	S7A	ROS5F	330	1000	DCL
OUBI01	LIMF	1420			31	Y L	SAR		

Figura 17 Departure STRIP

1 0 1 1	AZA1028	A320/M	↓ 305	A1234	VAC
	LIRF			36	

Figura 18 Arrival STRIP

IN	3		SWEEP	10 MIN	OUT
	SICU2	1015			

Figura 19 Vehicle STRIP

➤ Videocamera Pan Tilt Zoom (PTZ)

Entrambi i MRTM sono dotati di un controllore Pan Tilt Zoom (PTZ) (installato su un tablet) e di un monitor dedicato che fornisce la vista della telecamera selezionata.

Il controllore PTZ consente di:

- selezionare l'aeroporto (cliccando sul codice ICAO);
- selezionare un bersaglio (CTRL1: indicativo di chiamata dell'aeromobile da seguire);
- selezionare comandi PTZ (CTRL2);
- modificare l'azimut della vista OTW (CTRL3);
- selezionare un punto caldo (CTRL4);
- abilitare/disabilitare le etichette dell'aeromobile;

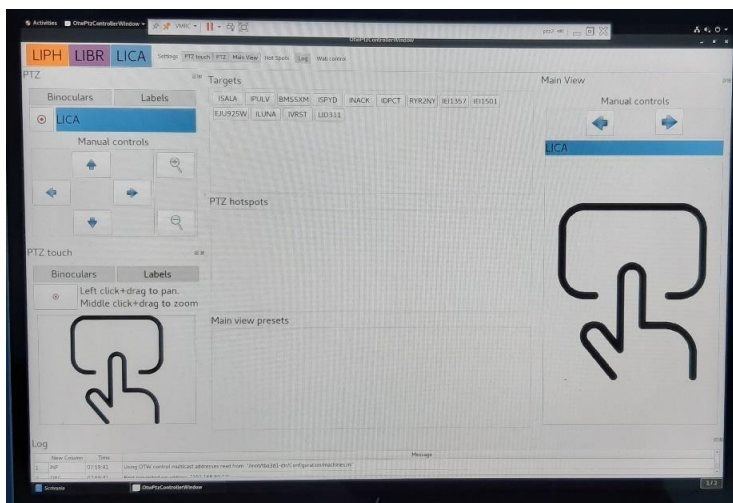


Figura 20 Interfaccia di Controllo videocamera PTZ



Figura 21 Visuale della videocamera dell'aeroporto selezionato

➤ Strumento di Configurazione del Supervisore RTC HMI

Nella posizione di supervisore, il pulsante MOVES consentirà di trasferire il controllo di un aeroporto da una posizione MRTM a un'altra.

Il supervisore può trascinare l'etichetta dell'aeroporto da un modulo a un altro per avviare la procedura di trasferimento. La colorazione che rappresenta lo stato di trasferimento dell'aeroporto segue il seguente schema:

- verde (aeroporto sotto controllo);
- rosa chiaro (aeroporto da assumere e non ancora controllato);
- blu (aeroporto da trasferire e sotto controllo);
- viola (trasferimento accettato e aeroporto non ancora controllato).

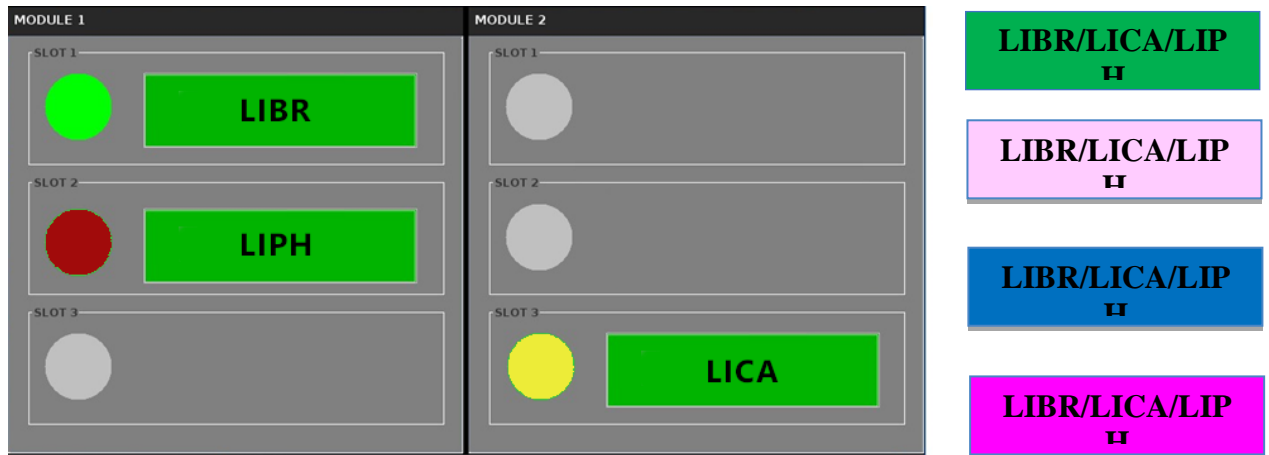


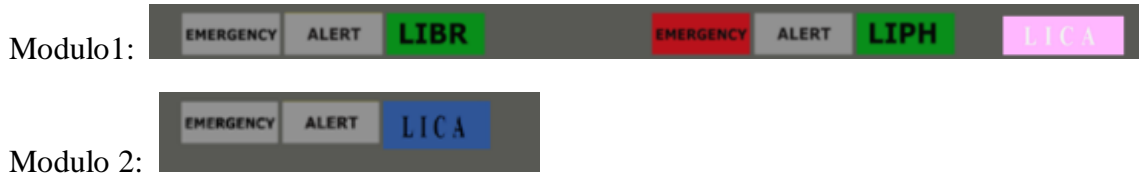
Figura 22 Schema colori MOVES

Sarà dunque possibile, utilizzando il pulsante con il relativo ID ICAO dell'aeroporto, assumere il controllo di quest'ultimo. Di seguito viene riportato un esempio.

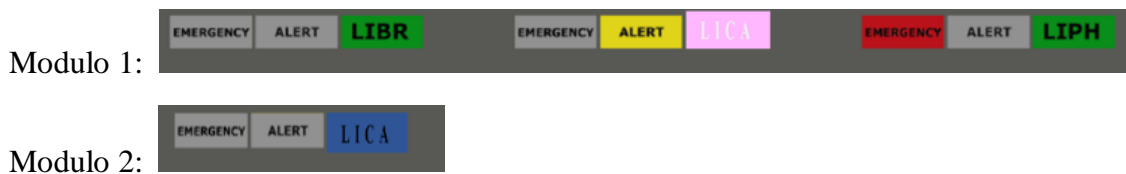
Le condizioni iniziali: il Modulo 1 controlla LIBR e LIPH, mentre il Modulo 2 controlla LICA. Tutte le etichette sono verdi.



Nel momento in cui il supervisore decide di trasferire LICA dal Modulo 2 al Modulo 1: sul Modulo 2 l'etichetta sarà blu (aeroporto da trasferire e sotto controllo), sul Modulo 1 ne apparirà una rosa chiaro (aeroporto da assumere e non ancora controllato)



Quando l'ATCO del Modulo 1 clicca sull'etichetta rosa chiaro, gli verrà chiesto di accettare il controllo di LICA. Se risponde "sì", tutte le informazioni di sorveglianza (GRP), la lista dei voli e l'EFPS del nuovo aeroporto (CWP e STRIP) saranno visualizzate sul monitor del Modulo 1, ma senza controllo:



Quando l'ATCO del Modulo 2 è pronto a lasciare il controllo di LICA, premendo sull'etichetta blu, entrambe le etichette LICA in ogni modulo diventano viola (trasferimento accettato e aeroporto non ancora controllato):



Figure da 23 a 31 Settaggi di HMI previsti per le configurazioni utilizzate

Quando l'ATCO del Modulo 1 è pronto a prendere il controllo dell'aerodromo, preme sulla sua etichetta. Nel modulo 2 scompaiono l'etichetta di LICA e tutte le informazioni (CWP e STRIP).

Nel Modulo 1 invece, l'etichetta dell'aeroporto diventa verde e l'ATCO assume il controllo di LICA. La vista che il controllore ha dell'aeroporto sarà anch'essa aggiornata di conseguenza.

Modulo 1:



➤ SUPERVISOR PLANNING TOOL

L'obiettivo dello Strumento di Pianificazione è fornire al supervisore un'analisi del carico di lavoro previsto dagli ATCOs per ogni MRTM, basato sulla configurazione degli aeroporti nei MRTM. La valutazione tiene conto del traffico previsto (IFR e VFR), delle condizioni meteorologiche e delle missioni dei veicoli.

Viene riportato il layout dell'interfaccia principale per il controllo delle impostazioni, di esercizi di carico e dell'orologio di simulazione.

In basso è mostrato il percorso del file di registro, nel quale vengono registrate le azioni eseguite dal supervisore.

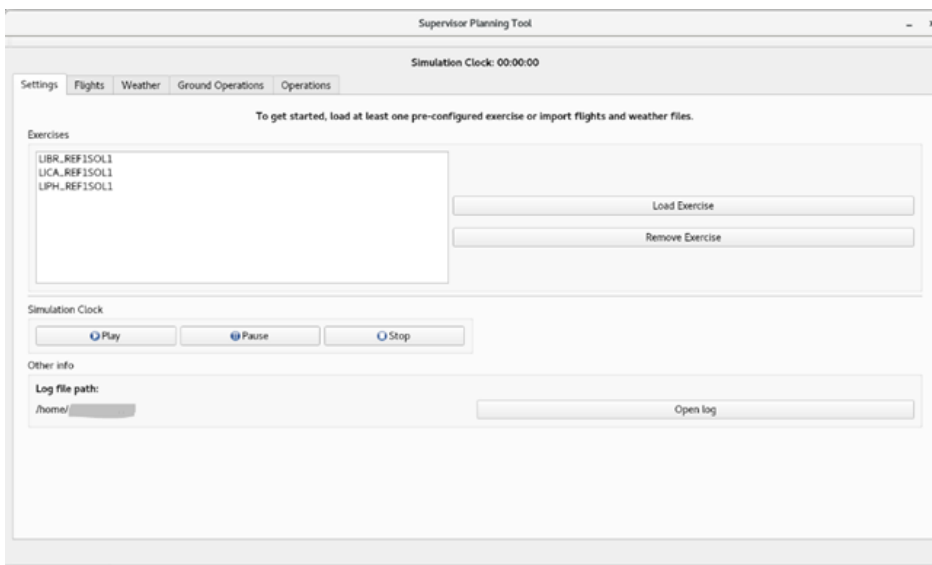


Figura 32 Interfaccia principale (Impostazioni)

Attraverso la lista dei voli (IFR e VFR), è possibile filtrare le informazioni in base al tipo di movimento, di traffico e dell'aeroporto. I voli già partiti o arrivati vengono mostrati in grigio.

È presente, inoltre, un pannello Meteo che fornisce una panoramica sintetica delle condizioni meteorologiche, evidenziando in giallo la visibilità sotto i 5000 m.

Il pannello Operazioni a Terra mostra invece le operazioni pianificate in ciascun aeroporto, inclusi orario di inizio e durata.

Flight	Aircraft	Aircraft type	FR	ADEP	ADES	DRW	ARW	ETD	ETA	ETO	SSR
sads1	Aircraft0	A320	IF	LIPH	LIAF	36		08:00			5001
vvv123	Aircraft0	A320	IF	LIBR	LIAF	35		08:05			0001
aaa123	Aircraft1	A320	IF	LIPH	LIAF	36		08:15			5002
vvv124	Aircraft1	A320	VF	LIAF	LIBR		17		08:15		0002
AZ321	Aircraft10	A320	VF	LICA	LIAF		17		08:20		0002
IT123	Aircraft1	B737	IF	LIAF	LICA		18		08:20		0001
SS432	Aircraft2	A320	IF	LIPH	LIAF	36		08:20			5003
zzz131	Aircraft2	A320	VF	LIBR	LIAF	35		08:25			0003
bbb345	Aircraft3	A320	VF	LIAF	LIBR		17		08:45		0004
AAAS14	Aircraft5	A320	IF	LICJ	LICA		18		08:50		0006
VV312	Aircraft6	A320	VF	LICA	LICA	17	17	09:10			0007

Figura 33 Pannello Flight List

Airport: LIBR		Airport: LICA		Airport: LIPH	
Clouds	-	Clouds	-	Clouds	-
Visibility	50000 m	Visibility	50000 m	Visibility	1240 m
Temperature	8°C	Temperature	11°C	Temperature	6.8°C
Dew Point	1°C	Dew Point	2°C	Dew Point	-
Wind	-	Wind	-	Wind	-
Wind Gust	-	Wind Gust	-	Wind Gust	-
QNH	1013 hPa	QNH	1014 hPa	QNH	1016 hPa
Event	-	Event	-	Event	-

Figura 34 Pannello Weather

Callign	Airport	Type	Planned Start Time	Duration
Mis02	LIBR	Aircraft AAA123 taxiing in	08:20	15'
Mis00	LIPH	VVV123 taxiing out operations	08:25	15'
Mis03	LIBR	AMB001 pushing back aircraft AAA110	08:35	15'
Mis01	LIPH	Generic vehicle on RWY	08:45	15'
Mis04	LIBR	Luggage transport vehicle on RWY	08:55	15'

Figura 35 Pannello Ground Operation

Il pannello di controllo più importante è denominato “Operations” e consente all'utente di verificare il carico di lavoro previsto per ciascun aeroporto in uno specifico intervallo di tempo.

In questa sezione sono presenti due diagrammi:

DIAGRAMMA TEMPORALE

Rappresenta i voli (arrivi, partenze e sorvoli) e le missioni a terra, utilizzando colori diversi. I simboli (Cerchio, Triangolo e Quadrato) rappresentano l'aeroporto a cui appartengono i voli o la missione. Le caselle di controllo superiori consentono di selezionare quali aeroporti considerare. È possibile, inoltre, modificare sul diagramma la durata di un'operazione.

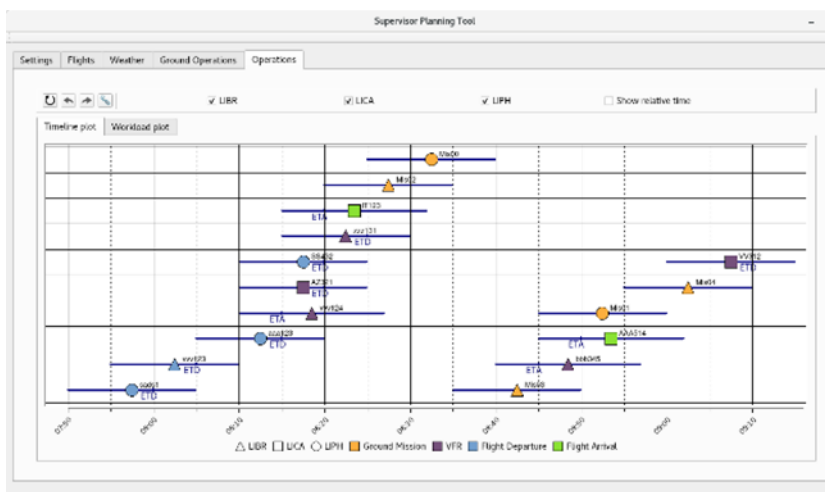


Figura 36 Diagramma temporale

DIAGRAMMA DEL CARICO DI LAVORO

Permette di valutare la quantità di carico di lavoro stimato per ciascun MRTM. Il calcolo si basa sul tipo di traffico (IFR o VFR), sulle condizioni meteorologiche e sulle operazioni a terra.

Questo dato è stimato in una finestra temporale di 20 minuti, che può essere fatta scorrere per individuare potenziali situazioni di sovraccarico.

Per ogni intervallo di tempo vengono mostrate due barre: MRTM1 a sinistra e MRTM2 a destra.



Figura 37 Diagramma del carico di lavoro

Cliccando su una barra nel grafico, viene mostrata la distribuzione del carico di lavoro per ciascun aeroporto.

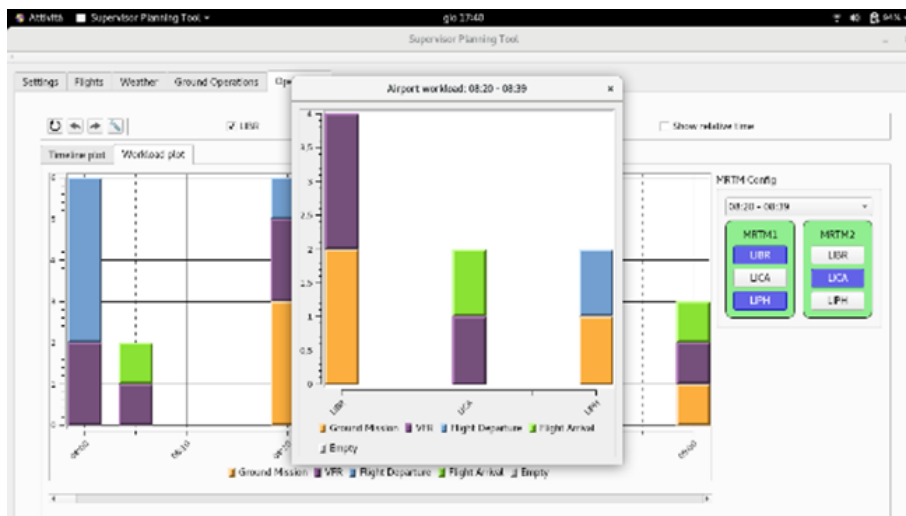


Figura 38 Carico di lavoro specifico per ogni aeroporto

Sul lato destro dell'interfaccia è rappresentata la configurazione degli MRTM per ciascun intervallo di tempo (20 minuti); cliccando semplicemente sui codici ICAO degli aeroporti viene modificata la configurazione e il grafico del carico di lavoro viene aggiornato di conseguenza.

Questa analisi "what-if" consente di valutare gli effetti di un cambio di configurazione in specifici intervalli di tempo. Ogni modifica deve essere poi confermata dall'utente.

Se viene rilevato un evento di sovraccarico in uno specifico intervallo di tempo, le barre nel grafico sono delineate con il colore rosso.

Quando si verifica un evento meteorologico, compaiono sulla barra delle linee gialle oblique.

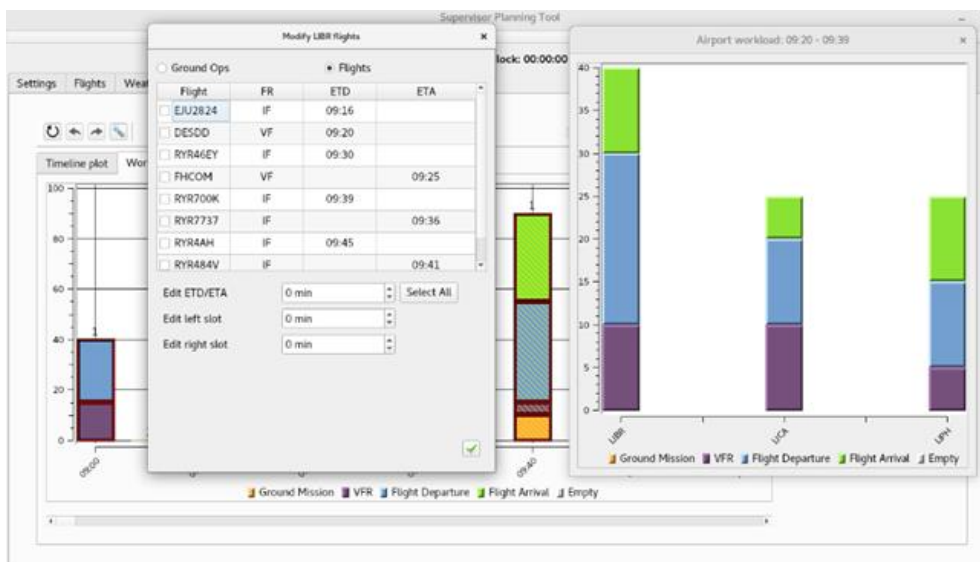


Figura 39 Sovraccarichi di lavoro e modifica per ottimizzazione

Cliccando sul grafico del carico di lavoro, è possibile visualizzare la sua distribuzione per ciascun aeroporto e apportare modifiche per ottimizzarlo.

Eventuali modifiche che impattano sulla missione vengono evidenziate in giallo, segnalando al supervisore la necessità di comunicarle.

➤ MODULO AUDIO TECHNOSKY (TEAM)

TEAM è un sistema di comunicazione basato sulla tecnologia VoIP (Voice over IP) che consente lo scambio di messaggi vocali in tempo reale tra due o più stazioni, simulando comunicazioni radio e telefoniche.

La suite offre interfacce utente personalizzate (HMI) in base ai diversi ruoli eseguibili:

- ATCO TWR
- PILOTA (con funzione anche di veicoli a terra)
- SUPERVISORE

COMUNICAZIONI ATCO

technosky TEAM - Techno Sky Audio Module									
124.200	▼	PTT	TX	RX	LIBR	RTM 2	RTM 3	RTM 4	RTM 5
124.800	▼		TX	RX	LICA	RTM 6	RTM 7	RTM 8	RTM 9
119.200	▼		TX	RX	LIPH	RTM 10	SUPV	TECH	
LIBR GND			ACC	VVFF	SGA	2630	2631	2632	2633
LICA GND			ACC	VVFF	SGA				

Figura 40 TEAM ATCO

Il controllore TWR può comunicare via RF:

- con i piloti di uno o più aeromobili (area grigia nella figura precedente), premendo il pulsante PTT dell'auricolare. La comunicazione con i piloti di diversi aeroporti sarà abilitata/disabilitata mediante pulsanti TX/RX.
- con i veicoli a terra nell'area dell'aeroporto (Vigili del Fuoco, Polizia) (area verde), cliccando sul pulsante corrispondente sull'HMI (LICA GND, LIPH GND, LIBR GND). L'ATCO riceve la comunicazione dai veicoli solo tramite altoparlanti (non è disponibile la comunicazione tramite auricolari).

Le comunicazioni telefoniche saranno invece disponibili utilizzando l'aerea gialla e verde per coordinarsi con:

- il SUPERVISORE (SUPV)
- l'altro RTM (RTM1 o RTM2)
- l'Operatore dell'Aeroporto (SGA – Società di Gestione Aeroportuale)
- i Tecnici (TECH)

COMUNICAZIONE PILOTA

Il pilota dell'aeromobile può comunicare con l'ATCO TWR e riceve tutte le trasmissioni a terra/dal volo dagli altri piloti controllati dallo stesso ATCO (area grigia).

COMUNICAZIONE SUPERVISORE



Figura 41 TEAM SUPERVISORE

Il supervisore comunica con diversi ATCO per coordinare l'allocazione dell'aeroporto sui moduli.

Quando l'ATCO tiene premuto il pulsante PTT, questo viene visualizzato come attivo. Inizia a parlare e la trasmissione avviene su tutte le frequenze aeree abilitate.

Le HMI evidenziano l'identità del chiamante con un colore specifico. Per comunicazioni diverse da ATCO-Pilota, premendo e rilasciando il pulsante corrispondente al soggetto chiamato, viene evidenziato il tasto con un colore diverso.

La voce del chiamante è ricevuta da tutte le stazioni con il pulsante corrispondente, che presenta una colorazione differente. Per rispondere, deve essere premuto e rilasciato il pulsante, che cambierà colore.

Alla fine, entrambi premono nuovamente il pulsante per chiudere la comunicazione.

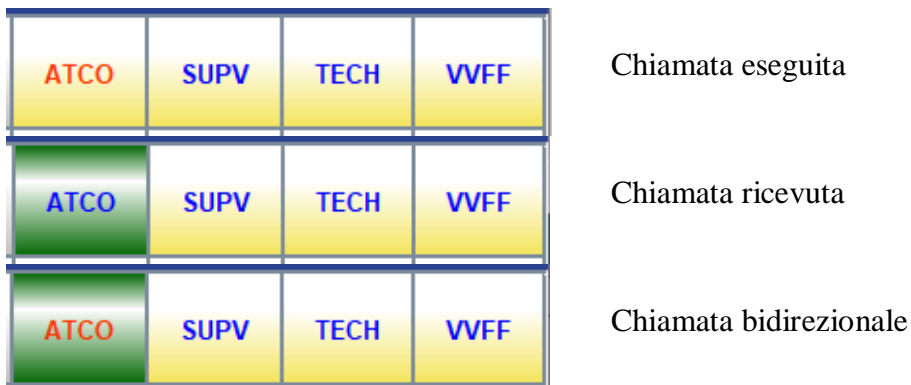


Figure 42 Identificazione chiamata

Capitolo 3

Risultati delle simulazioni e analisi dei dati

3.1 - Aspetti di convalida

Durante gli esercizi di simulazione è stata condotta un'analisi delle Prestazioni Umane, della Sicurezza e dell'Efficienza dei Costi, per valutare la capacità degli ATCO di fornire simultaneamente ATS in modo sicuro ed efficiente.

Tutti gli esercizi di simulazione, i quali sono stati svolti da diversi enti, si sono concentrati principalmente su una configurazione con due MRTM, ognuno dei quali è in grado di gestire al massimo tre aerodromi.

L'allocazione flessibile implica che qualsiasi aerodromo sotto controllo può essere trasferito a un altro MRTM, con l'obiettivo di bilanciare il carico di lavoro dell'ATCO in entrambi i MRTM. Le convalide si sono concentrate sulla valutazione delle prestazioni umane e degli aspetti di sicurezza.

L'obiettivo per PJ.05-W2-35 è sviluppare e convalidare:

- MRTM che consentano agli ATCO di fornire servizio ATS ad aerodromi da remoto, mantenendo consapevolezza della situazione per tre piccoli aeroporti contemporaneamente.
- RTC e l'allocazione dinamica degli aeroporti tra MRTM.

Le seguenti caratteristiche forniscono un'indicazione dei volumi di traffico riguardanti gli spostamenti simultanei:

- 3 aeroporti con fino a 6 movimenti simultanei;
- Da 20 a 30 movimenti (aerei e terrestri) totali per ogni ora su tutti gli aeroporti.

Il metodo principale di convalida utilizzato è stata la simulazione in tempo reale (RTS), poiché essa consente la variazione ripetitiva di variabili come volumi di traffico, condizioni meteorologiche e operative.

È stata esaminata l'allocazione flessibile degli aeroporti, ovvero il trasferimento di qualsiasi aerodromo controllato all'interno di un RTC a un diverso MRTM, cercando di bilanciare il carico di lavoro degli ATCO.

Gli aspetti principali sui quali è stata valutata riguardano le prestazioni umane e la sicurezza:

- Supporto della consapevolezza situazionale degli ATCO

Il RTM doveva essere progettato in modo da supportare la consapevolezza situazionale degli ATCO, integrando tutte le informazioni provenienti dai diversi aeroporti. Le linee guida HMI dovevano essere applicate per trovare l'equilibrio nel fornire tutte le informazioni richieste in un determinato momento, evitando l'ingombro di informazioni.

- Allocazione flessibile

Oltre all'apertura di una nuova posizione durante la suddivisione di un aerodromo, è stato approfondito e indagato a livello V3 il trasferimento di un aerodromo a un MRTM già attivo.

- Comunicazione

La fraseologia con il nome dell'aeroporto è stata mantenuta per V3, ma è stato anche valutato se fosse necessario usare il nome dell'aeroporto in tutte le trasmissioni radio o principalmente in quelle relative alla pista, al fine di ridurre il carico di comunicazione.

- Traffico nelle simulazioni

Non sono stati superati i 30 movimenti ogni ora, con un apice di 6 movimenti simultanei nelle simulazioni in tempo reale, per riflettere scenari realistici e convalidare quelli in cui la consapevolezza della situazione è garantita in ogni momento.

- Supporto automatizzato

Il supporto automatizzato, che indica le azioni che devono essere intraprese dall'ATCO ('events'), è stato ulteriormente dettagliato, consentendo a quest'ultimo di lavorare parallelamente con i piani di volo e gli eventi.

- Strumento di pianificazione del supervisore

Per allocare aeroporti e ATCOs al MRTM, il tool di pianificazione del supervisore ha considerato:

- traffico
- un piano di turnazione e vincoli di turno

Il calcolo del carico di lavoro è stato approfondito a livello V3, ad esempio per quanto riguarda i seguenti elementi:

- Il carico di lavoro totale degli aeroporti allocati a un MRTM dovrebbe essere superiore alla somma dei carichi di lavoro individuali. Più sono combinati gli aeroporti, più alto dovrebbe essere il carico di lavoro extra.
- Sono stati aggiunti una soglia di carico massimo per aerodromo e la possibilità di vedere il numero di movimenti simultanei.
- Gli utenti devono essere in grado di comprendere chiaramente come viene calcolato il carico di lavoro. L'operatività dello strumento e la comprensione della sua interfaccia dovrebbero essere intuitivi.

3.2 - Risultati delle simulazioni

3.2.1 - Qualità e raccoglimento delle valutazioni

Tutti i risultati di questi esercizi di validazione sono stati valutati soggettivamente dai partecipanti. Le loro opinioni, stime e valutazioni sono state raccolte mediante la compilazione di questionari dopo ogni simulazione (con domande validate e personalizzate), con scale adattate durante le sessioni e con interviste semidirette nella fase di debriefing. Tutti i partecipanti erano controllori del traffico aereo attivi e dunque hanno quindi fornito dati affidabili.

Le condizioni sperimentali standardizzate e il design dello studio (misurazioni ripetute) hanno consentito a ciascun partecipante di realizzare tutte le simulazioni. L'ordine degli scenari è stato casuale.

Essendo la soluzione validata su cinque piattaforme diverse e tenendo conto che essi sono indipendenti, affidabili e riconosciuti per la rispettiva professione, possono essere considerati risultati di alta qualità.

3.2.2 – Risultati e possibili miglioramenti

Di seguito vengono riportati i principali risultati delle simulazioni sia per i ruoli degli ATCO, sia per quello del Supervisore.

RISULTATI DEGLI ATCO:

La consapevolezza della situazione era a un livello soddisfacente o accettabile quando si forniva ATS a tre aerodromi contemporaneamente, utilizzando un'allocazione flessibile di questi ultimi.

Tuttavia, gli ATCO hanno dichiarato la necessità di dover mantenere un livello di attenzione più elevato per riuscire a garantire una completa consapevolezza della situazione su tutti e tre gli aerodromi, rispetto al controllo di un singolo.

La consapevolezza della situazione diminuiva rapidamente quando i livelli di traffico diventavano troppo elevati o la situazione diventava molto complessa (cosa che avveniva principalmente quando gli ATCO controllavano tre aerodromi contemporaneamente o quando si verificavano momenti di traffico imprevisto).

L'allocazione flessibile degli aerodromi richiede che siano previsti buffer sufficienti per evitare il sovraccarico degli ATCO.

I controllori devono quindi essere addestrati a evitare situazioni complesse con l'aumentare dei livelli di traffico.

Sebbene alcune situazioni possano causare piccoli ritardi, la capacità dell'aerodromo non sarà ridotta con l'introduzione del concetto MRT.

Dai dati estrapolati dai questionari di valutazione degli esercizi, risulta che la maggior parte degli ATCO era consapevole del posizionamento di un determinato aerodromo all'interno del MRTM.

Ci sono inoltre alcuni aspetti che hanno supportato gli ATCO nel mantenimento della consapevolezza della situazione:

- L'organizzazione "per colonne" delle informazioni appartenenti ai diversi aerodromi li ha aiutati a distinguerle efficacemente.
- I piloti che iniziano una chiamata usando la rispettiva torre nella fraseologia, hanno contribuito a rendere più chiara la situazione.

Durante il processo di cessione degli aerodromi, si è segnalato un aumento del carico di lavoro.

Nonostante ciò, quest'ultimo è rimasto a un livello soddisfacente o accettabile in tutti gli esercizi per la maggior parte del tempo.

Gli ATCOs hanno confermato la fattibilità di fornire ATS al numero assegnato di aerodromi, a condizione che fossero stabilite regole e procedure chiare per evitare il sovraccarico sulla loro postazione.

RISULTATI DEL SUPERVISORE:

La maggior parte dei partecipanti nel ruolo di supervisore ha indicato una positiva consapevolezza della situazione. In generale, i SUPV sono stati in grado di dare priorità ai compiti (ad esempio, tra quelli di coordinamento, pianificazione dell'allocazione dell'aerodromo ai MRTM e supporto dell'ATCO in caso di emergenza).

La maggior parte dei SUPV ha valutato che il carico di lavoro fosse a un livello accettabile quando si lavorava in un RTC.

I supervisori hanno però dichiarato di non avere sempre disponibili tutte le informazioni richieste. Ciò è dovuto al modo in cui le informazioni sono presentate, piuttosto che alla loro disponibilità.

SICUREZZA

Gli ATCO sono stati in grado di fornire ATS in modo sicuro, risolvendo conflitti e situazioni potenzialmente pericolose in modo tempestivo, identificando e gestendo al meglio situazioni anomale.

CAPACITA'

La maggior parte degli ATCO concorda sul fatto che fornire ATS con un massimo di sei movimenti simultanei sia in generale fattibile e accettabile.

Gli ATCO hanno suggerito che questo numero di movimenti potrebbe essere ridotto se si verificano una o più delle seguenti situazioni:

- Complessità del traffico aumentata
- Condizioni meteorologiche avverse

In particolare, il traffico che non può essere ritardato (come elicotteri di soccorso o polizia) e che potrebbe aumentare il numero di movimenti simultanei deve essere preso in considerazione. La progettazione di tutte le procedure e delle distanze minime dovrebbe assicurare che i controllori del traffico aereo abbiano spazio e capacità aggiuntive sufficienti per gestire situazioni inusuali e impreviste.

Come specificato già in precedenza, l'allocazione flessibile degli aerodromi consente di bilanciare il carico di lavoro tollerabile degli ATCO e i livelli elevati di traffico.

EFFICIENZA

Gli ATCO hanno dichiarato di poter fornire ATS per un massimo di tre aerodromi, applicando l'allocazione flessibile degli stessi. Il personale richiesto dipenderà dalla necessità di avere capacità e risorse di riserva disponibili per cambiare dinamicamente l'allocazione degli aerodromi.

È stata inoltre identificata la necessità di monitorare frequentemente tutti gli aerodromi assegnati (e di evitare periodi più lunghi concentrati su un solo aerodromo). Durante l'addestramento, è fondamentale comprendere che la sicurezza assume un'importanza prioritaria rispetto all'efficienza.

Sia gli ATCO che i supervisori hanno sollevato il bisogno di una formazione dedicata sul team work ATCO/SUPV per gestire situazioni anomale.

CONCLUSIONI FINALI SULLA FATTIBILITA`

- Fattibilità tecnica del MRTM (ATCO)

I risultati della validazione confermano la fattibilità tecnica dell'allocazione flessibile degli aerodromi ai MRTM e della supervisione di diversi MRTM/aerodromi. Il MRTM deve essere progettato per visualizzare fino a tre aerodromi contemporaneamente con la possibilità di un'allocazione flessibile.

Gli ATCO dovranno essere sia in grado di ricevere che di cedere un aerodromo sul proprio MRTM, e di spostare manualmente, quando necessario, la sua posizione visualizzata, per disporlo secondo le proprie esigenze. Durante una procedura di cessione, tutte le informazioni dell'aerodromo che sta per essere ceduto devono essere visualizzate su entrambi i MRTM.

- Fattibilità tecnica del luogo di lavoro del SUP

In un ambiente operativo, le informazioni sulla disponibilità degli ATCO, nonché sugli attestati degli ATCO e le informazioni MET, devono essere incluse nello strumento di pianificazione del SUP.

POSSIBILI MIGLIORAMENTI:

ATCO

Durante il debriefing finale, è stato possibile raccogliere una serie di miglioramenti suggeriti per alimentare la fase di implementazione. Alcuni di essi erano principalmente legati alla piattaforma di convalida: anche se l'ambiente di simulazione è stato giudicato come realistico e affidabile, gli ATCO hanno suggerito di ridurre il numero di fasi di strip bay testate durante la simulazione e di progettare una strip bay dedicata all'aeroporto specifico da remoto. Inoltre, hanno proposto di avere maggiore flessibilità nel compilare le strisce, specialmente per i voli VFR.

Gli ATCO dei moduli non hanno gradito la presenza di un monitor dedicato per la funzione PTZ e avrebbero preferito avere una funzione "picture in picture" con i comandi integrati nella strip bay, per facilitare le interazioni con OTW (Out-The-Window) e le funzioni di zoom.

Inoltre, hanno suggerito un ulteriore miglioramento per l'OTW, ovvero segnare la linea che separa i vari aeroporti per rendere più visibili i confini e fornire sulla schermata le etichette degli aeromobili solo per i voli attivi.

In aggiunta, hanno suggerito di cambiare la posizione fissa degli aeroporti nell'OTW e nella posizione di lavoro del display "head-down": mentre nella scelta di progettazione è stato giudicato più appropriato avere una posizione fissa degli aeroporti, è stato invece proposto di visualizzare per ultimo l'aeroporto appena trasferito.

Gli ATCO del modulo di torre remota hanno raccomandato di sviluppare ulteriormente procedure operative per modalità normali e anomale, come per esempio, l'isolamento di un aeroporto in attesa di un aeromobile in emergenza.

RUOLO DI SUPERVISORE

Margini di miglioramento sono stati osservati anche per il tool del supervisore. Nonostante sia considerato un mezzo molto valido per valutare il carico di lavoro dei moduli degli ATCO, lo strumento non era integrato nella piattaforma di simulazione e quindi forniva previsioni sul traffico pianificato, piuttosto che sul traffico in tempo reale.

Inoltre, entrambi i supervisori hanno suggerito che lo strumento debba includere più finestre, per poter guardare contemporaneamente il carico di lavoro e i dettagli dei vari aerodromi.

Mentre nell'ambiente di simulazione la posizione del supervisore era basata su diverse schermate e sistemi, sarebbe preferibile avere tutti i sistemi su un unico schermo o su un numero ridotto di schermi.

È stato consigliato di migliorare i grafici disponibili, relativi al carico di lavoro e alla visualizzazione del traffico, in modo che i dati siano visibili su una finestra temporale scorrevole di un minuto e possano essere modificati su richiesta.

Per potenziare la consapevolezza della situazione del supervisore, è stata suggerita un'ulteriore tecnologia che fornisca la replica delle informazioni effettive del modulo da valutare localmente prima dell'implementazione.

Ulteriori raccomandazioni da parte del supervisore sono state quelle di fornire maggiore automazione nella comunicazione ATCO-SUPV e viceversa.

Tutti gli ATCO e i supervisori concordavano inoltre, sulla necessità di moduli di backup in caso di guasto dei MRTM.

Il pulsante di emergenza e l'HMI di accettazione dovrebbero essere migliorati per entrambe le posizioni.

Un altro punto discusso riguarda il fatto che, essendo un ambiente di simulazione, una significativa parte del coordinamento non è stata simulata, come ad esempio il carico di lavoro degli aeromobili senza piani di volo o VFR programmati nella simulazione, che non rappresentano sempre il caso reale.

Questi elementi dovrebbero dunque essere presi in considerazione quando si definisce un nuovo RTC.

3.2.3 - ANALISI COST-BENEFIT

Lo strumento di analisi costi-benefici si basa su un approccio input-output, definito con i seguenti parametri:

➤ **Input:**

- **Costi:** che includono gli investimenti gestiti dagli stakeholder prima dell'implementazione del SDM (Sesar Deployment Manager) della Soluzione e i costi operativi che si verificheranno dopo il FOC (Full Operational Capability);
- **Benefici:** previsti per essere apportati dalla Soluzione dal punto di vista sociale, economico, ambientale.

➤ **Output:**

- **NPV (Valore Attuale Netto):** la differenza tra il valore attuale delle entrate e quello delle uscite in un periodo di riferimento;
- **BCR (Benefit-Cost Ratio):** riassume la relazione complessiva tra i costi e i benefici relativi al SDM della Soluzione;
- **PP (Payback Period):** la quantità di tempo necessaria per recuperare il costo dell'investimento.

Nella prossima figura è presentato l'approccio adottato.

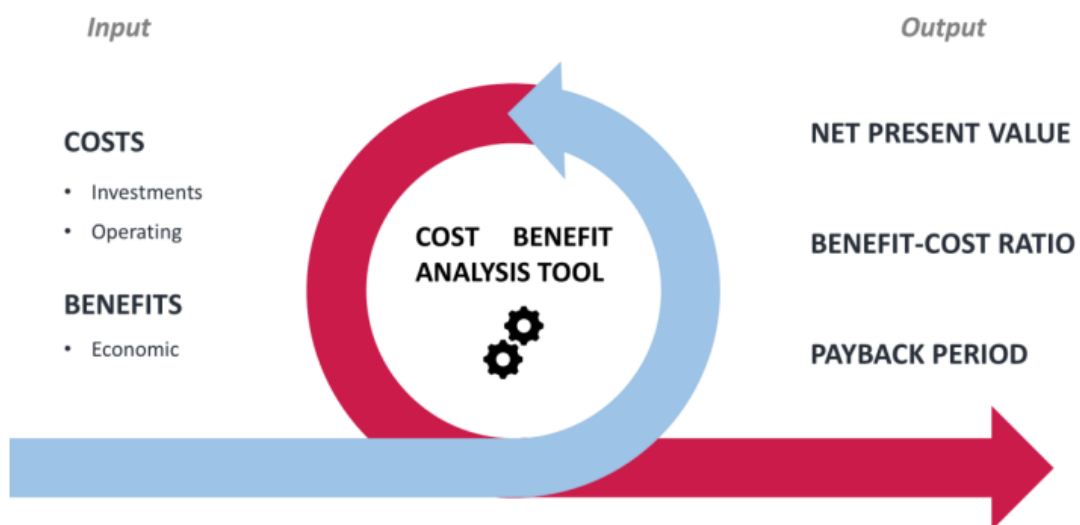


Figura 43 Cost Benefit analysis tool

Questa CBA si basa su pilastri fondamentali:

L'impatto della Soluzione in termini di benefici e costi è stato stimato considerando l'implementazione dagli Scenario di Riferimento agli Scenario di Soluzione, escludendo così i Costi di implementazione già conteggiati e considerati in qualsiasi altra Soluzione in SESAR 1.

- I principali benefici quantificati legati all'ottimizzazione dei costi sono derivanti dalla nuova visione dell'allocazione degli ATCOs all'interno del RTC e dei MRTMs e dall'incremento dei voli gestiti per ATCO/ora in servizio.
- Per lo scopo di questa CBA, altri benefici sono stati considerati solo come qualitativi. Ovviamente, tutto ciò mantenendo gli stessi elevati livelli di sicurezza, che rimangono primari.

I diagrammi riportati in seguito forniscono una visione complessiva dei costi e dei benefici previsti per l'implementazione dell'OI della Soluzione, in una prospettiva cumulativa e annuale.

I benefici iniziano a essere conteggiati nel 2024, quando il RTC e il concetto operativo dell'allocazione altamente flessibile degli aeroporti ai MRTM inizieranno ad essere implementati da alcuni ANSP (Air Navigation Service Provider).

Dal 2024 al 2027, i benefici sono in aumento, mentre i risparmi dei costi diminuiscono parallelamente alla RAMP-UP nel tempo, poiché non tutti gli ANSP saranno in grado di implementare contemporaneamente tutti i "sistemi", specialmente a livello di ECAC (European Civil Aviation Conference).

Dal 2028 invece, si ipotizza che la Soluzione (e l'ambito operativo associato) sarà completamente operativa.

Il Valore Attuale Netto dei benefici è di 8.881 M€ per 22 anni (dal 2022 al 2043). Il costo complessivo (scontato) è di 3.857 M€, mentre quello non scontato (senza considerare il valore nel tempo del denaro) è stato risultato 7.898 M€.

È stato inoltre calcolato un rapporto benefici/costi di 3,30, mentre il periodo di recupero (periodo necessario per recuperare i costi di un investimento) è stimato a 4,02 anni (calcolato dall'inizio dell'implementazione).

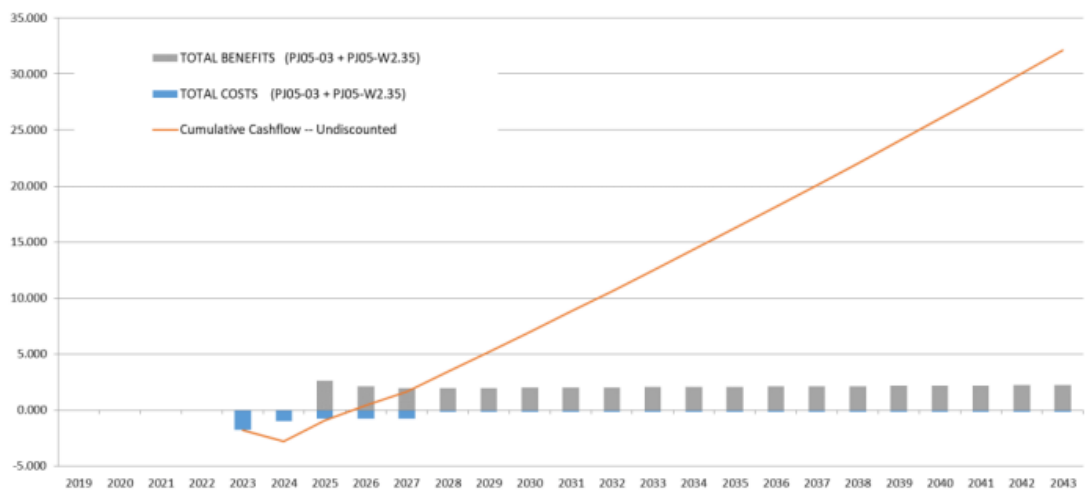


Figura 44 Andamento benefici e costi (non scontati)

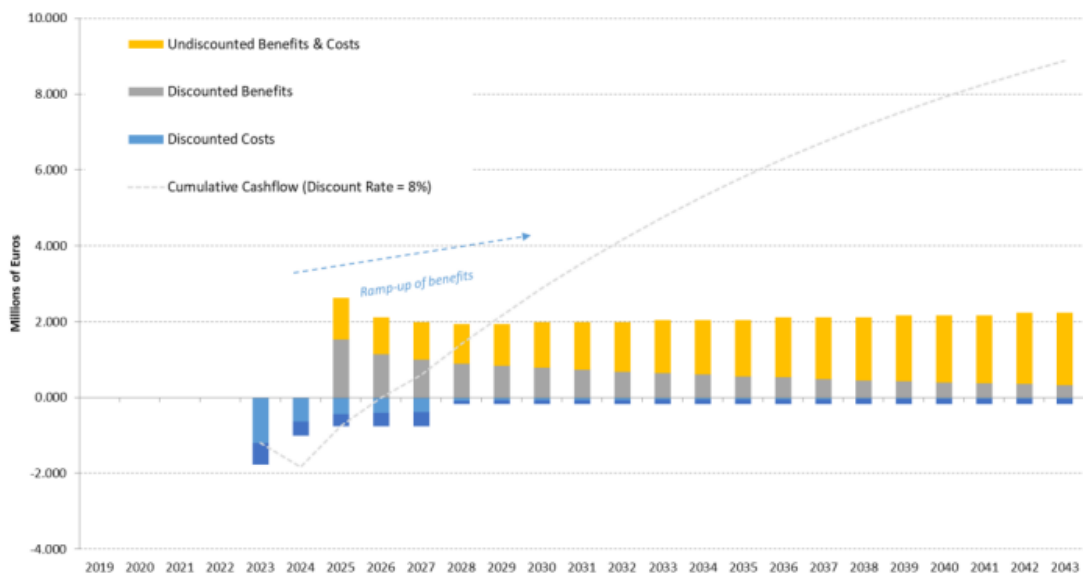


Figura 45 Andamento Benefici e costi (rateo di sconto = 8%)

La figura seguente mostra invece i benefici scontati, i costi scontati e il flusso di cassa cumulativo considerando l'implementazione a livello di ECAC.

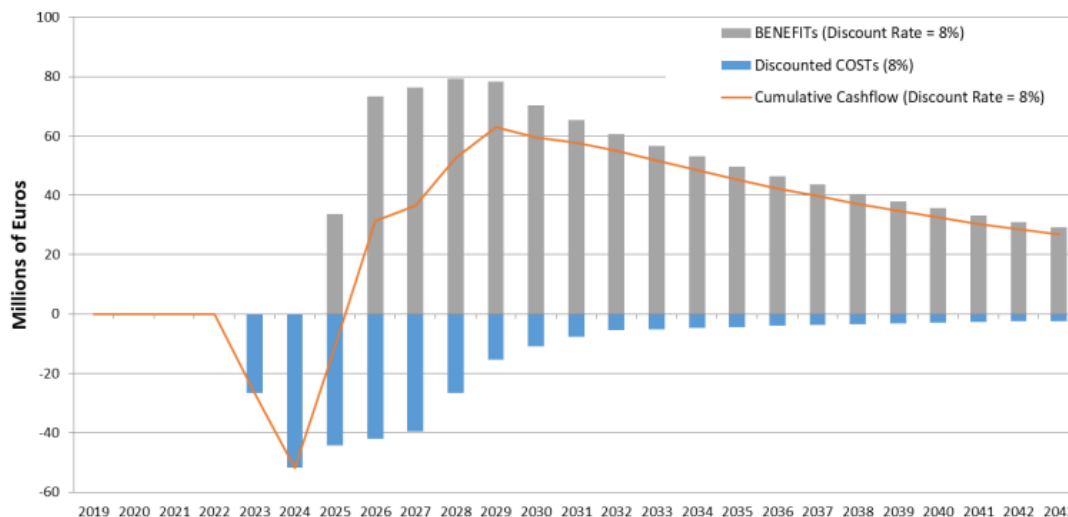


Figura 46 Andamento benefici e costi implementato a livello ENAC

Possiamo inoltre considerare, parallelamente al miglioramento relativo all'ottimizzazione del personale ATCO, il miglioramento di CEF2 (Connecting Europe Facility).

Ammettendo che il numero di aeroporti all'interno del RTC rimarrà lo stesso, così come la quantità di traffico conteggiato nelle stesse OE (Operational Environment), quello che si può proporre è una rapida panoramica dei benefici attesi derivanti dal miglioramento di CEF2 (numero di aeromobili gestiti da ATCO/ora), conseguente alla riduzione degli ATCO nei moduli all'interno del RTC, considerando anche la nuova disponibilità del servizio ATS H24/7.

Guardando ai numeri, il CEF2 può essere considerato aumentato del 45,83%, passando da 0,551 AC/ora (Advisory Circular/ora) a 1,018 AC/ora gestite da un ATCO in servizio all'interno del RTC rispetto allo Scenario di Riferimento.

3.3 - Valutazioni conclusive

Gli esercizi di simulazione si basavano su una diversità di specifici ambienti locali e piattaforme di convalida. Sebbene il progetto generale sia stato convalidato con successo, nelle simulazioni sono emerse differenze negli ambienti locali e nelle piattaforme specifiche che dovranno poi essere affrontate nella fase di implementazione, in modo da garantire che la soluzione sia adattata in modo efficace a una varietà di contesti operativi reali.

Alla luce di quanto analizzato in quest'ultimo capitolo, gli obiettivi principali del progetto e della fase V3 sono stati raggiunti.

Sono però emerse alcune problematiche, riguardanti prevalentemente alcuni aspetti dell'interfaccia grafica, che deve essere ottimizzata per poter permettere agli ATCO e al Supervisore di lavorare nel modo più veloce, sicuro ed efficiente possibile.

In merito a ciò, dovrà essere data fondamentale importanza al miglioramento del coordinamento tra i vari operatori, soprattutto in situazioni imprevedute o di emergenza.

Nonostante ciò, i risultati ottenuti, riguardanti la valutazione delle prestazioni umane, degli aspetti di sicurezza e dei benefici e costi riguardanti il progetto in esame, sono risultati del tutto soddisfacenti.

In particolare, nell'analisi dei costi si può notare un rapporto tra benefici e costi significativo, ed un tempo relativamente basso per recuperare i costi dell'investimento iniziale).

Gli esercizi di convalida hanno dunque mostrato che la soluzione 35 (SDM-210: 'Assegnazione Altamente Flessibile di Aerodromi ai Moduli di Torre Remota') ha raggiunto la maturità V3. Tutti gli abilitatori per la soluzione 35 sono stati dunque convalidati positivamente, rivelandosi efficaci e in grado di svolgere il ruolo previsto.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Slide Controllo del traffico aereo di Fabio Olivetti
- [2]. PJ05-W2-35 Multiple Remote Tower and Remote Tower Centre-Exercise2.4
Controller Handbook
- [3]. SESAR Human Performance Assessment Process V1 to V3 - including VLD
- [4]. SESAR Solution PJ.05_35 VALR-V3 Edition Date: 15th August 2022
- [5]. Introduction to SESAR Maturity Criteria Edition date: 05 October 2018
- [6]. SESAR Solution PJ.05-W2-35: COST BENEFIT ANALYSIS (CBA) FOR V3

SITOGRAFIA

- [1]. https://anacna.it/attachments/article/190/Controllo_Aerodromo.pdf
- [2]. <https://slideplayer.it/slide/13598711/> (figura 1 e 4)
- [3]. https://it.wikipedia.org/wiki/Cielo_unico_europeo
- [4]. <https://it.wikipedia.org/wiki/SESAR>
- [5]. <https://www.sesarju.eu/>

Ringraziamenti

Desidero ringraziare la mia famiglia e i miei amici, che mi hanno sempre sostenuto e appoggiato per tutta la durata di questo percorso.

Ringrazio inoltre di cuore tutti coloro che mi sono stati accanto, aiutandomi a superare ogni difficoltà durante questi anni.

Un ringraziamento va a Fabio e Alberto per la loro straordinaria disponibilità, sia durante lo svolgimento del tirocinio, sia durante la fase di scrittura di questa tesi.